



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 146599

PENGARUH URUTAN PENAMBAHAN ALKALI AKTIVATOR PADA BETON GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR *FLY ASH* TIPE C

QOYYUM RACHMALIA
NRP 10111410000048

Dosen Pembimbing I
Ridho Bayuaji, S.T, M.T, Ph.D
NIP. 19730710 199802 1 002

Pembimbing II
Nur Achmad Husin, S.T, M.T
NIP. 19720115 199802 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



TUGAS AKHIR – RC 146599

PENGARUH URUTAN PENAMBAHAN ALKALI AKTIVATOR PADA BETON GEOPOLIMER BEBAHAN DASAR *FLY ASH* TIPE C

QOYYUM RACHMALIA
NRP.3114041048

DOSEN PEMBIMBING I
Ridho Bayuaji, ST. MT., PhD
NIP. 19730710 199802 1 002

DOSEN PEMBIMBING II
Nur Achmad Husin, ST.MT
NIP. 19720115 199802 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



FINAL PROJECT – RC 146599

***THE SEQUENCES OF ADDITIONAL ALKALI
ACTIVATORS FOR GEOPOLYMER CONCRETE
BASED HIGH CALCIUM FLY ASH***

QOYYUM RACHMALIA
NRP.3114041048

Supervisor I
Ridho Bayuaji, ST. MT., PhD
NIP. 19730710 199802 1 002

Supervisor II
Nur Achmad Husin, ST.MT
NIP. 19720115 199802 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH METODE PENCAMPURAN TERPISAH PADA
BETON GEOPOLIMER BEBAHAN DASAR
FLY ASH TIPE C**

Tugas Akhir

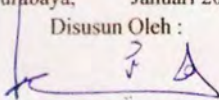
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Terapan

Pada

Program Studi Diploma IV Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Surabaya, Januari 2018

Disusun Oleh :


QOYYUM RACHMALIA
NRP. 3114 041 048

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ridho Bayu ST, MT., PhD. (Pembimbing I)

2. Nur Achmad Mushi, ST, MT. (Pembimbing II)



26 JAN 2018

PENGARUH URUTAN PENAMBAHAN ALKALI AKTIFATOR PADA BETON GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR *FLY ASH* TIPE C

Nama Mahasiswa : Qoyyum Rachmalia
NRP : 10111410000048
Jurusan : DIV-Teknik Sipil
Pembimbing : Ridho Bayuaji, ST. MT., PhD
Nur Achmad Husin, ST. MT

ABSTRAK

Semakin meningkatnya Teknologi beton, banyak pengguna mengarah pada beton geopolimer berbahan dasar *Fly Ash*. Dilain sisi, penggunaan *Fly Ash Type C* (ASTM C 618) yang merupakan *High-Calcium Fly Ash* dengan kadar CaO lebih besar dari 10% sangat jarang digunakan dalam campuran pembuatan beton. Sehingga terjadi ketimpangan pemanfaatan antara *Fly Ash Type C* dan *Fly Ash Type F* . Hal ini dikarenakan, *setting time* pada *High-Calcium Fly Ash* berlangsung cepat dikarenakan reaksi hidroliknya meningkat seiring dengan meningkatnya kadar kalsium dan lebih sulit diprediksi (Wang, 2006 dan Roberts 2007). Urutan metode pencampuran alkali aktifator ini dapat dijadikan alternatif metode pencampuran beton geopolimer dengan *gravity* molen berbahan dasar *Fly Ash* Tipe C limbah batu bara PLTU Paiton, Jawa Timur dengan tidak mereaksikan terlebih dahulu larutan NaOH dan Na₂SiO₃. Kuat tekan beton silinder ukuran 10cmx20cm pada umur 28 hari mencapai 44.34 Mpa dan minimal 25,48Mpa, rata-rata kuat tekan 32,23 Mpa dengan *setting-time* pasta selama 210 menit komposisi 100% *Fly Ash*.

Perbandingan Agregat : Pasta (70:30), perbandingan *Fly Ash* : Alkali Aktivator (70:30), Perbandingan aktivator 1.00 dengan 10 M NaOH. Faktor Air Geopolimer = 0.153.

Kata Kunci : Alkali Aktivator, *Fly Ash*, Geopolimer, *Setting-Time*

THE SEQUENCES OF ADDITIONAL ALKALI ACTIVATORS FOR GEOPOLYMER CONCRETE BASED HIGH CALCIUM FLY ASH

Nama Mahasiswa : Qoyyum Rachmalia
NRP : 3114 041 048
Jurusan : DIV-Civil Engineering
Pembimbing : Ridho Bayuaji, ST. MT., PhD
Nur Achmad Husin, ST. MT

ABSTRACK

Increasing Concrete Technology, many users lead to Fly Ash-based geopolymer concrete. On the other hand, the use of Fly Ash Type C (ASTM C 618) which is a High-Calcium Fly Ash with CaO content greater than 10% is very rarely used in concrete-making mixtures. There are imbalance of utilization between Fly Ash Type C and Fly Ash Type F. This is because, setting time on High-Calcium Fly Ash is fast because the hydraulic reaction increases with increasing calcium level and more difficult to predict (Wang, 2006 and Roberts 2007). The sequence of alkali mixing method of this activator can be used as an alternative method of mixing geopolymer concrete based Fly Ash Type C coal waste Paiton Power Plant, East Java. Mixing of concrete using gravity molen, by solution of NaOH and Na_2SiO_3 are not reacted at first. The compressive strength of cylindrical concrete measuring 10cmx20cm at 28 days reaches 44.34 MPa and at least 25.48Mpa, the average compressive strength of 32.23 MPa with setting-time paste for 210 minutes of 100% Fly Ash composition. Aggregate Comparisons: Pasta (70:30), comparison Fly Ash: Alkali Activator (70:30), Comparison of 1.00 activators with 10 M NaOH. Water Geopolymer Ratio = 0,153.

Keywords : Alkali Aktivator, Fly Ash, Geopolimer, Setting-Time

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim Alhamdulillahirabbil A'alamiin. Hanya dengan belas kasihan oleh Allah, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan yang berjudul **“PENGARUH URUTAN PENAMBAHAN ALKALI AKTIFATOR PADA BETON GEOPOLIMER BEBAHAN DASAR *FLY ASH* TIPE C”** mendiskripsikan kegiatan yang penulis kerjakan guna mempersiapkan Tugas Akhir.

Penulis bermaksud mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang mendukung terselesaikannya penulisan tugas akhir terapan ini, yaitu:

1. Orang tua penulis yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penulisan tugas akhir terapan ini.
2. Bapak Ridho Bayuaji, ST.,MT.,Ph.D dan Nur Achmad Husin, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dan bimbingan selama proses pengerjaan tugas akhir terapan ini.
3. Bapak Nur Achmad Husin, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dan bimbingan selama proses pengerjaan tugas akhir terapan ini.
3. Dr. Machsus, S.T., M.T selaku Kepala Departemen yang membantu memberikan kemudahan mahasiswanya dalam proses Tugas Akhir.
4. Yosi Noviari Wibowo (angkatan 2016) dan teman-teman mahasiswa Teknik Sipil ITS yang telah membantu dan memperlancar dalam penyelesaian Riset Tugas Akhir ini.

5. Bapak Tri Eddy dan Bapak Risky (PT. Semen Indonesia (Persero),Tbk) yang telah membantu dalam segala pengujian material.
6. Teman-teman mahasiswa Teknik Sipil ITS yang telah memotivasi dalam penyelesaian Riset Tugas Akhir ini.

Tugas akhir ini, masih sangat jauh dari kesempurnaan dan dengan rasa hormat penulis mohon petunjuk,saran,dan kritik terhadap tugas akhir terapan ini, dan sangat bermanfaat untuk kedepannya

Surabaya, 22 September 2017

Penulis,

Qoyyum Rachmalia

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR – RC 146599	i
FINAL PROJECT – RC 146599.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Tujuan	5
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Geopolimer	7
2.2 Material	9
2.2.1 Fly Ash.....	9

2.2.2 Limbah <i>Sandblasting</i>	12
2.2.1 Serbuk Kulit Kerang	13
2.2.4 Alkali Aktifator	14
2.3 Pencampuran Geopolimer	15
2.4 Desain Campuran Beton	16
2.5 <i>Curing</i>	17
2.5 Pengujian.....	17
2.5.1 <i>Setting-Time (Vicat)</i>	17
2.5.2 Kuat Tekan.....	20
2.5.3 UPV (<i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>).....	20
2.5.4 SEM-EDX (<i>Scanning Electron Microscope</i>).....	21
2.5.5 XRF (<i>X-Ray Fluorescence</i>)	22
2.5.6 XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>).....	24
2.5.7 PSD (<i>Particle Size Distribution</i>).....	24
2.5.8 FTIR (<i>Fourier-Transform Infrared Spectroscopy</i>)	25
BAB III	29
METODOLOGI PENELITIAN.....	29
3.1 Umum	29
3.1 Studi Literatur	32
3.3 Persiapan Material	32
3.3.1 <i>Fly Ash</i>	32
3.3.2 Limbah <i>Sandblasting</i>	33
3.3.3 Serbuk Kulit Kerang	34

3.3.3 Agregat.....	35
3.4 <i>Mix Design</i> Binder Geopolimer	38
3.5 Mix Desain Beton Geopolimer	40
3.5 Metode Pencampuran Binder Geopolimer.....	42
3.6 Metode Pencampuran Beton Geopolimer	44
BAB IV	51
HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA.....	51
4.1 Umum	51
4.2 Hasil Analisa Material	51
4.2.1 Fly Ash.....	51
1. <i>X-Ray Fluorescences Fly Ash</i>	51
2. <i>SEM-EDX Fly Ash</i>	52
3. <i>Particle Size Distribution Fly Ash</i>	55
4. Berat Jenis <i>Fly Ash</i> (ASTM C-118).....	57
4.2.2 Limbah <i>Sandblasting</i> dan Serbuk Kulit Kerang ..	57
1. <i>X-Ray Fluorescences (XRF)</i>	57
2. <i>SEM-EDX Limbah Sandblasting</i>	59
1. Berat Jenis Batu Pecah (ASTM C 127-88 Reapp.01)	63
2. Kelembapan Batu Pecah (ASTM C 566-71).....	64
3. Kadar Air Resapan Batu Pecah (ASTM C 127-88 Reapp 01).....	64
4. Analisa Saringan Batu Pecah (ASTM C 136-95A)	65
4.2.3 Agregrat Halus (Pasir)	66
3. Uji XRF(<i>X-Ray Fluorescences</i>) Pasir.....	66

4. Berat Jenis Pasir (ASTM C 1278-01)	67
2. Kelembaban Pasir (ASTM C 566-97 Reapp.04).....	68
3. Kadar Air Resapan Pasir (ASTM C 128-01)	68
4. Analisa Saringan Pasir (ASTM C 136-95A).....	69
4.3 Pengujian Binder Geopolimer.....	70
4.3.1 <i>Mix Design</i> Binder Geopolimer	70
4.3.2 Uji <i>Setting Time</i>	71
4.3.3 Uji Kuat Tekan.....	73
4.4 Pengujian Beton Geopolimer	75
4.4.1 <i>Mix Design</i> Beton Geopolimer	75
4.5 Analisa Geopolimer	82
BAB V	89
KESIMPULAN.....	89
5.1 Kesimpulan	89
5.2 Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	93
BIODATA PENULIS	99

DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 2.1 Penggolongan Polisialate</i>	<i>8</i>
<i>Gambar 2.2 Micrograph Fly Ash Particles</i>	<i>10</i>
<i>Gambar 2.3 SEM-EDX Limbah Sandblasting</i>	<i>12</i>
<i>Gambar 2.4 Vicat Apparatus.....</i>	<i>18</i>
<i>Gambar 5 Bagian-bagian Vicat Apparatus.....</i>	<i>18</i>
<i>Gambar 2.6 Grafik Hasil Uji EDX</i>	<i>Gambar 2.7 Hasil Uji</i>
<i>SEM-EDX.....</i>	<i>22</i>
<i>Gambar 2.8 Cara Kerja Uji XRF</i>	<i>24</i>
<i>Gambar 3.1 Bagan Alir Metode Penelitian.....</i>	<i>30</i>
<i>Gambar 3.2 Bagan Alir Metode Penelitian.....</i>	<i>31</i>
<i>Gambar 3.3 Fly Ash Tipe C.....</i>	<i>33</i>
<i>Gambar 3.4 Limbah Sandblasting.....</i>	<i>33</i>
<i>Gambar 3.5 SEM Serbuk Kulit Kerang, Freizna 2017.....</i>	<i>34</i>
<i>Gambar 3.6 Agregat Kasar</i>	<i>35</i>
<i>Gambar 3.7 Agregat Halus.....</i>	<i>35</i>
<i>Gambar 3.8 Natrium Hidroksida (NaOH) berbentuk kristal.....</i>	<i>36</i>
<i>Gambar 3.9 Natrium Silikat</i>	<i>38</i>
<i>Gambar 3.10 Bagan Mix Design Beton Geopolimer.....</i>	<i>41</i>
<i>Gambar 4.1 (a) (c)SEM Fly Ash Tipe C ukuran 20µm, (b) (d)</i>	
<i>SEM Fly Ash Tipe C ukuran 10µm.....</i>	<i>53</i>
<i>Gambar 4.2 (a) (b)SEM Fly Ash Tipe C ukuran 20µm, (c) (d) (e)</i>	
<i>Hasil EDX dari ketiga titik.</i>	<i>54</i>
<i>Gambar 4.3 Particle Size Distribution Fly Ash, OPC, GGBFS.</i>	<i>55</i>
<i>Gambar 4.4 Particle Size Distribution Fly Ash</i>	<i>56</i>
<i>Gambar 4.5 (a) (b)SEM Limbah Sandblasting 100µm, (b) (d)</i>	
<i>SEM Limbah Sandblasting 10µm</i>	<i>60</i>
<i>Gambar 4.6 SEM Serbuk Kulit Kerang 1200µm,</i>	<i>61</i>
<i>Gambar 4.7 SEM Limbah Sandblasting 100µm</i>	<i>61</i>
<i>Gambar 4.8 SEM-EDX Limbah Sandblasting 100µm titik 1</i>	<i>63</i>
<i>Gambar 4.9 SEM-EDX Limbah Sandblasting 100µm titik 2</i>	<i>63</i>
<i>Gambar 4.10 Grafik Gradasi Batu Pecah</i>	<i>66</i>
<i>Gambar 4.11 Analisa Saringan Pasir.....</i>	<i>69</i>
<i>Gambar 4.12 Grafik Setting-Time Pasta Geopolimer</i>	<i>72</i>

<i>Gambar 4.13</i>	<i>Mix Desain Beton Geopolimer</i>	<i>76</i>
<i>Gambar 4.14</i>	<i>Slump Test pada beton geopolimer</i>	<i>77</i>
<i>Gambar 4.15</i>	<i>Beton geopolimer setelah dituang</i>	<i>78</i>
<i>Gambar 4.18</i>	<i>Grafik Kuat Tekan Beton Geopolimer</i>	<i>81</i>
<i>Gambar 4.19</i>	<i>(a) (b) SEM Fly Ash (c) (d) SEM Fly Ash + NaOH 10 M, 2018.....</i>	<i>83</i>
<i>Gambar 4.20</i>	<i>Beton Geopolimer Setelah Dituang.....</i>	<i>84</i>
<i>Gambar 4.21</i>	<i>Hasil Uji FTIR Beton Geopolimer Umur 28 Hari.</i>	<i>86</i>

DAFTAR TABEL

<i>Tabel 2.1 Kandungan Limbah Sandblasting uji XRF</i>	<i>13</i>
<i>Tabel 2.2 Komposisi Kimia Serbuk Cangkang Kerang</i>	<i>14</i>
<i>Tabel 2.3 Kriteria Kecepatan gelombang Pulsa untuk Klasifikasi Beton (IS 1331101-1992).....</i>	<i>21</i>
<i>Tabel 3.1 Hasil Uji XRF Serbuk Kulit Kerang, Freizna 2017.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabel 3.2 Mix Design Binder Geopolimer per m³.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabel 3.3 Mix Design Binder Geopolimer per Kubus 5cmx5cmx5cm</i>	<i>39</i>
<i>Tabel 4.1 Hasil XRF Fly Ash Tipe C</i>	<i>52</i>
<i>Tabel 4.2 Berat Jenis Fly Ash.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabel 4.2 Hasil Uji XRF Limbah Sandblasting</i>	<i>58</i>
<i>Tabel 4.3 Hasil Uji XRF Limbah Serbuk Kulit kerang.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabel 4.4 Hasil EDX Serbuk Kulit Kerang, Freizna 2017.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabel 4.5 Berat Jenis Batu Pecah (ASTM C 127-88 Reapp.01) ..</i>	<i>63</i>
<i>Tabel 4.6 Kelembaban Batu Pecah (ASTM C 566-71)</i>	<i>64</i>
<i>Tabel 4.7 Kelembaban Batu Pecah (ASTM C 127-88 Reapp 01) ..</i>	<i>65</i>
<i>Tabel 4.8 Analisa Saringan Batu Pecah (ASTM C 136-95A)</i>	<i>65</i>
<i>Tabel 4.9 Hasil Uji XRF Pasir</i>	<i>66</i>
<i>Tabel 4.10 Berat Jenis Pasir (ASTM C 1278-01).....</i>	<i>67</i>
<i>Tabel 4.11 Kelembaban Pasir (ASTM C 566-97 Reapp.04).....</i>	<i>68</i>
<i>Tabel 4.12 Kadar Air Reasapan Pasir (ASTM C 128-01)</i>	<i>68</i>
<i>Tabel 4.13 Analisa Saringan Pasir (ASTM C 136-95A).....</i>	<i>69</i>
<i>Tabel 4.14 Mix Desain Binder Geopolimer per m³.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabel 4.15 Kuat Tekan Binder Fly Ash 100% umur 3 hari NaOH/Na₂SiO₃=1</i>	<i>73</i>
<i>Tabel 4.16 Kuat Tekan Binder Fly Ash 100% umur 3 hari NaOH/Na₂SiO₃=0.5</i>	<i>73</i>
<i>Tabel 4.17 Kuat Tekan Binder FA50%+Snd25%+S.Kerang25% umur 3 hari NaOH/Na₂SiO₃=1</i>	<i>74</i>
<i>Tabel 4.18 Kuat Tekan Binder FA50%+Snd50% umur 3 hari NaOH/Na₂SiO₃=1</i>	<i>74</i>
<i>Tabel 4.19 Kuat Tekan Binder FA50%+S. Kerang 50% umur 3 hari NaOH/Na₂SiO₃=1.....</i>	<i>74</i>

<i>Tabel 4.20</i>	<i>Hasil Uji UPV Beton Geopolimer umur 3 hari.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabel 4.21</i>	<i>Hasil Uji UPV Beton Geopolimer umur 7 hari.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabel 4.22</i>	<i>Hasil Uji UPV Beton Geopolimer umur 28 hari.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabel 4.23</i>	<i>Kecepatan Gelombang Pulsa (IS 1331101-1992)</i>	<i>79</i>
<i>Tabel 4.24</i>	<i>Kuat Tekan Beton Geopolimer Umur 3 hari.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabel 4.25</i>	<i>Kuat Tekan Beton Geopolimer Umur 7 hari.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabel 4.26</i>	<i>Kuat Tekan Beton Geopolimer Umur 28 hari.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabel 4.27</i>	<i>Klasifikasi Standar Deviasi menurut SNI 03-6815-2002</i>	<i>82</i>
<i>Tabel 4.28</i>	<i>Daerah Serapan Fly Ash, NaOH dan Na₂SiO₃.....</i>	<i>87</i>

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu tolak ukur kemajuan suatu negara adalah tingginya ketersediaan infrastruktur yang merupakan indeks nomor 2 dari penentuan tingkat daya saing suatu negara (World Economic Forum, 2016). Dalam pembangunan infrastruktur diperlukan material struktural utama maupun penunjuang yaitu beton. Hal ini dikarenakan, terdapat bahan pengikat utama pada beton yang mampu membentuk kekuatan yaitu semen portland. Melalui reaksi hidrasi, semen portland dapat menjadi pengikat agregat kasar dan halus pada beton (Neville dan Brooks, 2010; Subakti et al, 2012). Kebutuhan akan semen portland akan terus meningkat dari tahun ke tahun. Diprediksi hingga tahun 2030, kebutuhan dan persediaan semen portland seluruh dunia hanya mampu memenuhi 67,42% kebutuhan. Bahan bersifat semen atau bahan pozzolan menjadi opsi untuk mereduksi kebutuhan semen portland 20-30% dari kebutuhan normal, namun tetap saja hal itu hanya mampu mengubah ke angka pemenuhan 83,29% kebutuhan (Portland Cement Association, 2013).

Material pozzolan mampu menjadi material substitusi parsial 20-30% semen portland dikarenakan memiliki kandungan Si dan Al yang tinggi sehingga dapat bereaksi dengan sisa hidrasi semen portland yaitu CaO untuk menghasilkan gel C-S-H sekunder sebagai bahan pengikat tambahan (ACI 232R-96). Salah satu jenis bahan pozzolan yang paling banyak tersedia dan dimanfaatkan ialah abu terbang (Fly Ash) dengan jumlah 2260 juta ton per tahun atau

12 kali lipat dari jumlah ketersediaan semen portland (*Global Mining Investment Confrence*, 2010). Di Indonesia, Fly ash didapatkan dari limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozolanik (SNI 03-6414, 2002). Selain itu, *Fly ash* merupakan bahan limbah dari pembakaran batu bara, yang dikategorikan sebagai limbah B3 (Peraturan Pemerintah No. 101, 2014) yaitu limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.

Berbagai upaya dalam pemanfaatan limbah hasil residu batu bara untuk pengembangan *Sustainable Material* telah banyak dilakukan. Diantaranya, keterlibatan *Fly Ash* dalam reaksi Polimerisasi Kondensasi dalam pembentukan geopolimer yang sangat efektif menggantikan semen Portland pada beton. Dimana, dalam produksi Semen (Portland klinker) memberikan kontribusi sebesar 7% terhadap emisi CO₂ pada global antropogenik, terutama disebabkan oleh sintering batu kapur dan tanah liat pada suhu 1500°C, dimana kalsium karbonat (CaCO₃) diubah menjadi kalsium oksida (CaO) dengan melepaskan CO₂ (Worrell et al., 2001). Oleh karena itu, dari sudut pandang lingkungan, beton berbahan semen tidak dapat menjadi bahan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Gerilla et al., 2007).

Seiring dengan perkembangan dunia teknologi beton saat ini, para peneliti serta pelaksan teknis mengarah pada penggunaan beton geopolimer dimana memanfaatkan bahan sisa untuk menggantikan fungsi semen sebagai bahan pengikatnya. *Geopolymer* adalah bahan anorganik yang kaya akan Silikon (Si) dan Aluminium (Al) yang bereaksi dengan alkali menjadi material bersifat *cementious* yang dapat

mereduksi penggunaan semen Portland yang fungsinya sama seperti semen sebagai bahan pengikat atau *binder* (Turner, Louise K., 2013).

Beton geopolimer pertama kali dikembangkan oleh Joseph Davidovits tahun 1970. Dimana Davidovits menemukan bahwa beton yang digunakan dalam struktur kuno mengandung alkali dengan alumino silikat sebagai pengikatnya dan menamakannya beton geopolimer (Singh,dkk, 2013) Beton geopolimer berasal dari geopolimerisasi yaitu geosintesis alumino silikat polimerik dan alkali-silikat menjadi kerangka polimer SiO_4 dan AlO_4 yang terikat secara tetrahedral (Davidovits, 2008).

Dilain sisi, penggunaan *Fly Ash Type C* yang merupakan *High-Calcium Fly Ash* dengan kadar CaO lebih besar dari 10% sangat jarang digunakan dalam campuran geopolimer pembuatan beton. Sehingga terjadi ketimpangan pemanfaatan antara *Fly Ash Type C* dan *Fly Ash Type F* . Hal ini dikarenakan, *setting time* pada *High-Calcium Fly Ash* berlangsung cepat dikarenakan reaksi hidroliknya meningkat seiring dengan meningkatnya kadar kalsium dan lebih sulit diprediksi (Wang, 2006 dan Roberts 2007) karena itu membutuhkan kombinasi *admixture* tertentu.

Dari berbagai permasalahan diatas, untuk penyusunan Tugas Akhir ini, penyusun akan membahas bagaimana memperpanjang waktu ikat beton geopolimer berbahan dasar *Fly Ash Tipe C* dan menghasilkan kuat tekan yang dapat dikategorikan sebagai beton struktural.

1.2 Perumusan Masalah

Penggunaan *Fly Ash* Tipe C memiliki *setting time* yang sangat cepat dan sulit diprediksi dikarenakan reaksi hidrolis dari kandungan kalsiumnya. Sampai saat ini, belum ditemukan metode pencampuran geopolimer berbahan dasar *Fly Ash* Tipe C yang dapat mempertahankan kekuatannya dan memperpanjang *setting-time*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Material yang digunakan adalah *Fly Ash* Tipe C dari limbah PLTU Paiton Jawa Power.
2. Limbah *Sandblasting* berasal dari PT. Swadaya Graha, Gresik.
3. Limbah Cangkang Kerang di Surabaya, Jawa Timur
4. Kadar *Sodium Hydroxide* (NaOH) yang digunakan sebesar 10 Molar.
5. Perbandingan Aktivator Na_2SiO_3 terhadap NaOH = 1.0

1.4 Manfaat

1. Menghasilkan beton geopolimer dengan *setting-time* dan kekuatan mendekati beton normal.
2. Mengurangi ketergantungan semen dengan limbah industri dan mengurangi dominasi penggunaan *Fly Ash* Tipe F pada campuran geopolimer.
3. Mengurangi penumpukan limbah *Sandblasting* dan Cangkang Kerang yang dapat dimanfaatkan menjadi bahan pengikat pada geopolimer.

1.5 Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah untuk memperpanjang *setting time* beton atau binder geopolimer berbahan dasar *Fly Ash* Tipe C dan memiliki kuat tekan beton struktural.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

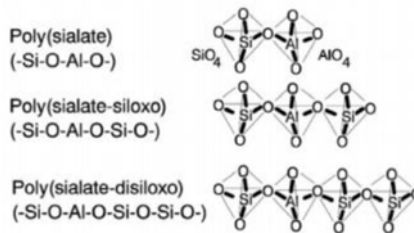
2.1 Geopolimer

Geopolymer adalah bahan anorganik yang kaya akan Silikon (Si) dan Aluminium (Al) yang bereaksi dengan alkali menjadi material bersifat *cementitious*. Beton *Geopolymer* adalah beton yang dibuat tanpa semen namun digantikan dengan bahan sumber Silika (Si) dan Aluminium (Al) dengan alkali yang fungsinya sama seperti semen sebagai bahan pengikat atau *binder* (Turner, Louise K., 2013). Proses pembentukan beton geopolimer disebut dengan proses polimerisasi kondensasi, yaitu reaksi gugus fungsi banyak (molekul yang mengandung dua gugus fungsi atau lebih yang dapat bereaksi) yang menghasilkan satu molekul besar bergugus fungsi banyak pula dan diikuti oleh pelepasan molekul kecil (Davidovits, 2011).

Reaksi *Polymerisasi* melibatkan reaksi kimia antara spesies terlarut dari Silikat dan Aluminat dengan aktivator yang bersifat sangat alkali, menghasilkan salah bentuk dari poli (*sialate*) Si-O-Al-O-, poli (*sialate-siloxo*) – Si-O-Al-O-Si-O-, dan poli (*sialate-disiloxo*) –Si-O-Al-O-Si-O-Si-O- (Reddy, M. Srinivasula, 2016).

Istilah geopolimer diperkenalkan oleh Davidovits tahun 1976 yang mengacu pada rantai 3D polisialat. Proses polimerisasi yang terjadi pada geopolimer meliputi reaksi kimia yang terjadi antara alkalin dengan mineral Si-Al sehingga menghasilkan Si-O-Al-O yang konsisten (Davidovits, 1994). Davidovits (1994)

menyarankan penggunaan istilah “*poli(siliate)*” sebagai nama kimia dari geopolimer yang berbahan dasar silico-aluminate. Davidovits (1998) menggolongkan polisialate menjadi 3 jenis tipe yaitu Poly(sialate) type(-Si-O-Al-O-), Poly(sialate-siloxo) tipe (-Si-O-Al-O-Si-O) dan Poly(sialate-disiloxo) tipe (-Si-O-Al-O-Si-O-Si-O).



Gambar 2.1 Penggolongan *Polisialate*

Tidak seperti reaksi hidrasi yang biasanya terjadi pada semen *poozolan*, geopolimer tidak membentuk calcium silicate-hydrate (CSHs) untuk membentuk matrix kekuatan, tetapi menggunakan polikondensasi dari silica dan alumina sebagai proses kimia dengan menggunakan kandungan alkali yang tinggi untuk bias mencapai kekuatan struktur. Oleh karena itu geopolimer dapat dikatakan sebagai binder alkali (pengikat) yang diaktifkan dengan alumino silicate (Davidovits, 2008) Van Deventer, dkk (2010) mengklasifikasikan definisi bahan alkali aktif, polimer anorganik dan geopolimer berdasarkan sumber bahan, alkali aktivator dan hasil akhir. Sumber bahan berasal dari abu terbang dengan kalsium rendah dan tanah liat dikalsinasi dengan alkali aktivator dari logam alkali

hidroksida atau silikat. Polimer anorganik merupakan bagian dari bahan alkali aktif yang mempunyai jaringan silikat tidak teratur sebagai produk akhir. Alkali yang diaktifkan menghasilkan calcium silicate-hydrate (CSHs).

2.2 Material

2.2.1 Fly Ash

Fly ash kaya silika dan alumina yang merupakan sumber utama dari proses geopolimerisasi dan agar *fly ash* dapat digunakan sebagai pengikat maka diperlukan alkali. Keuntungan dari penggunaan *fly ash* adalah material ini tersedia dalam jumlah yang banyak (Bakri, dkk, 2012).

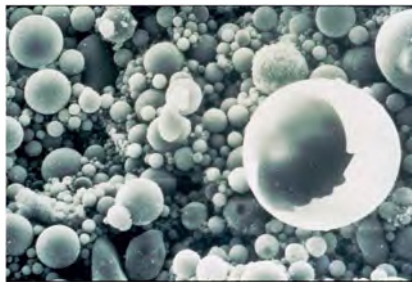
Karakteristik fisik *fly ash* tergantung dari kerapatan, kehalusan, area permukaan, dan distribusi partikel untuk mengidentifikasi reaktivitas *fly ash* dengan semen sedangkan karakteristik kimia *fly ash* tergantung dari komposisi kimia, jenis mineral, dan fasa amorf di dalam *fly ash* (Ekaputri, dkk, 2013). Sifat fisik *fly ash* berbeda dari segi penampilan dan ukuran partikel. Beberapa partikel memiliki kerapatan rendah (berongga) kurang dari 1000 kg/m³, sedangkan partikel lain mungkin memiliki kepadatan lebih dari 2600 kg/m³. Partikel *fly ash* berbentuk butiran dan lebih halus dari semen Portland dengan ukuran 1 µm sampai tidak lebih dari 150 µm (Hardjito dan Rangan, 2005).

Di Indonesia, Fly ash didapatkan dari limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozzolanik (SNI 03-6414, 2002). Selain itu, *Fly ash* merupakan bahan limbah dari pembakaran batu bara, yang

dikategorikan sebagai limbah B3 (Peraturan Pemerintah No. 101, 2014) yaitu limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.

Suatu hasil pencapaian yang penting dalam perkembangan *fly ash* untuk pembuatan beton adalah pemakaian *fly ash* hingga 60% dalam menggantikan penggunaan semen dalam beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemakaian *fly ash* dalam beton dapat membuat beton lebih tahan lama dibandingkan dengan beton yang hanya menggunakan PC (Malhotra et al. 2002)

Fly Ash adalah produk yang lebih murah daripada semen *portland*. *Fly Ash* juga dikenal meningkatkan *workability* dan mengurangi suhu internal. Peningkatan kemampuan kerja adalah hasil dari “*ball bearing*” aksi bola partikel *Fly Ash*. *Fly Ash* meningkatkan gradasi dalam campuran dengan merapikan distribusi ukuran partikel halus. Juga, *fly ash* telah terbukti mengurangi jumlah air yang dibutuhkan. *Fly Ash* dari pembangkit listrik modern yang digunakan dalam volume besar dapat mengurangi kadar air 15 sampai 20% (Crouch, 2007).



Gambar 2.2 Micrograph Fly Ash Particles

Sumber : Optimizing the Using of Fly Ash in Concrete oleh Michael Thomas, Ph.D., P.Eng.,
Professor of Civil Engineering, University of New Brunswick.

Banyak penelitian tentang binder geopolimer berbahan abu terbang yang telah dilakukan. Para peneliti cenderung memilih abu terbang tipe F daripada Tipe C (*High-Calcium Fly Ash*). Hal ini disebabkan kandungan unsur silika dan alumina yang terdapat dalam tipe F lebih tinggi sehingga ketika bereaksi dengan alkalin aktivator akan menghasilkan ikatan polimer Si-O-Al. Dengan ikatan polimer ini, maka akan terbentuk padatan berupa *amorf* sampai semi Kristal (Pujianto, 2010).

Secara kimia *Fly Ash* merupakan material oksida anorganik yang mengandung silika dan alumina aktif karena sudah melalui proses pembakaran pada suhu tinggi. Dari penelitian terdahulu (Utomo & Sandy, 2007) *geopolymer* yang menggunakan *fly ash* tipe C menghasilkan kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan *fly ash* tipe F baik yang menggunakan *curing* dengan oven maupun pada suhu ruang. Akan tetapi, *setting time* pada *Fly Ash Tipe C* berlangsung cepat dikarenakan reaksi hidroliknya meningkat seiring dengan meningkatnya kadar kalsium dan lebih sulit diprediksi (Wang, 2006 dan Roberts 2007) karena itu membutuhkan kombinasi *admixture* tertentu.

Berdasarkan ASTM C 618, *fly ash* digolongkan menjadi :

a. *Fly Ash* Kelas C

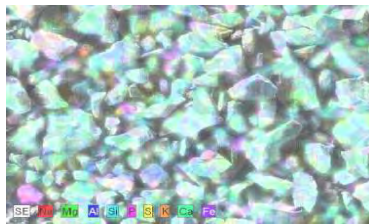
1. *Fly ash* yang mengandung CaO lebih dari 10%, dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub bitumen batubara.
2. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 50%
3. Kadar Na₂O mencapai 10%
4. Pada campuran beton digunakan sebanyak 15% - 35% dari total berat binder.

b. Fly Ash Kelas F

1. *Fly ash* yang mengandung CaO kurang dari 10%, dihasilkan dari pembakaran anthrachite atau bitumen batubara.
2. Kadar $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) > 70\%$
3. Kadar $\text{Na}_2\text{O} < 5\%$
4. Pada campuran beton digunakan sebanyak 15% - 25% dari total berat *binder* .

2.2.2 Limbah Sandblasting

Limbah *sandblasting* merupakan sisa hasil kegiatan industri yang berpotensi menjadi bahan pengikat pada beton. Limbah *Sandblasting* memiliki karakteristik kimia mengikat lebih kuat dari semen karena kandungan senyawa silika dan alumina tinggi. Kandungan SiO_2 yang tinggi yang mencapai 85% sampai 98%, berguna untuk keperluan campuran semen (Khayat, K.H, et al, 1997). Perbandingan komposisi terbaik pada campuran Fly Ash F 50% + Limbah *Sandblasting* 50% dengan perbandingan aktivator 1.5.



Gambar 2.3 SEM-EDX Limbah *Sandblasting*

Sumber : Pengaruh Pemanfaatan Fly Ash dan Limbah *Sandblasting* pada Geopolimer oleh Aprilia Rizky 2017

Tabel 2.1 Kandungan Limbah *Sandblasting* uji XRF

Oksida	Kadar (%)
Kapur (CaO)	4,56
Silika (SiO ₂)	49,53
Alumina (Al ₂ O ₃)	22,01
Besi (Fe ₂ O ₃)	18,80
Magnesia (MgO)	1,98
Sulfur (SO ₃)	0,0714

Sumber : Analisa Lab. PT Semen Indonesia

2.2.1 Serbuk Kulit Kerang

Kulit Kerang/Cangkang kerang mengandung senyawa kimia *pozzolan* yaitu mengandung zat kapur (CaO), Alumina dan silika sehingga dengan harapan bahwa kulit kerang dapat meningkatkan durabilitas beton. Proses *pre-treatment* cangkang kerang yaitu terlebih dahulu dibersihkan, dibakar pada suhu 700° C selama 2 jam dan dihaluskan dengan menggunakan alat mortar sehingga dihasilkan serbuk sebagai substitusi semen, Penambahan serbuk kerang yang homogen akan menjadikan campuran beton yang lebih reaktif (Siregar, 2009).

Limbah kulit kerang berpotensi sebagai bahan pengganti kapur dalam pembuatan semen karena komposisi limbah yang telah mengalami proses pembakaran dengan suhu 700° C menghasilkan CaO sebesar 55.10% (Syafpoetri, 2013). Jumlah kandungan CaO pada material prekursor ditemukan memiliki pengaruh yang besar terhadap hasil pengerasan geopolimer (Nath & Sarker , 2014).

Serbuk cangkang kerang memiliki kandungan kalsium tinggi sehingga dapat mengganggu proses

polimerisasi dan mengubah mikrostruktur pada beton geopolimer. Penelitian ini menggunakan komposisi optimum *fly ash* : serbuk cangkang kerang (50% : 50%).

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Serbuk Cangkang Kerang

Komposisi Kimia							
Oksida	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	TiO ₂
Kadar (%)	97.59	1.12	0.29	0.39	0.2	0.024	0.03

Sumber : Pengaruh Penggunaan Limbah Cangkang Kerang dan *Fly Ash* pada binder Geopolimer oleh Freizna (2017)

2.2.4 Alkali Aktifator

Alkali sebagai aktifator yang biasanya digunakan untuk membuat geopolimer diantaranya adalah kombinasi antara sodium hidroksida (NaOH) dengan sodium silikat (Na₂SiO₃) atau potassium hidroksida (KOH) dengan potassium silikat (K₂SiO₃) (Davidovits, 1999).

Alkali aktivator memiliki fungsi dalam menghasilkan geopolimerisasi dan meningkatkan laju reaksi. NaOH biasa digunakan sebagai alkali aktivator karena murah, memiliki viskositas rendah, dan tersedia dalam jumlah banyak. Selain itu, ion OH⁻ di dalam NaOH merupakan elemen penting dalam proses geopolimerisasi. Ion ini sangat penting dalam meningkatkan laju reaksi dari penguraian ikatan alumina dan silika (Arjunan P, dkk, 2001).

Natrium silikat (Na₂SiO₃) tersedia dalam bentuk cair dan bubuk. Material ini memiliki viskositas tinggi yang mempengaruhi pengerjaan campuran geopolimer. Sodium silikat dalam sistem geopolimer tidak hanya berguna untuk meningkatkan kekuatan pasta tetapi juga digunakan untuk mengikat material sampai terbentuk pasta padat (Jo, dkk, 2007).

Molaritas aktifator NaOH sangat berpengaruh pada kuat mekanik binder maupun beton geopolimer, dimana semakin tinggi molaritas NaOH semakin tinggi kuat mekanik beton maupun binder geopolimer. Selain itu perbandingan rasio aktifator $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ juga memberi pengaruh terhadap beton maupun binder geopolimer. Namun semakin tinggi perbandingan rasio $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ tidak selalu menghasilkan kuat tekan yang tinggi. (Ekaputri dan Triwulan 2014).

Alkali Silikat harus dikombinasikan dengan alkali hidroksida, dikarenakan sifat reaksinya yang perlahan, sehingga kekuatan bahan pengikat geopolimer menjadi lebih rendah (Criado et al, 2010; palomo et al 1999). Begitu juga sebaliknya, apabila larutan hidroksida saja yang digunakan, maka mutu yang dicapai lebih rendah jika dibandingkan dengan kombinasi keduanya yang dapat mencapai mutu kuat tekan 40 – 90 MPa (Nez dan Palomo, 2003; Fernandez, Jimenez dan Palomo, 2005). Tujuan penambahan sodium silikat adalah meningkatkan pembentukan proses geopolimerisasi.

2.3 Pencampuran Geopolimer

Cheng dan Chiu (2003) melaporkan pencampuran KOH dan metakaolin pertama selama sepuluh menit, dilanjutkan dengan penambahan sodium silikat dan *ground blast* dan pencampuran lebih lanjut selama lima menit. Setelah itu sampel pastinya dicetak kedalam cetakan kubus 50x50x50 mm dan digetar selama lima menit.

Penelitian lain dilakukan pada *Fly Ash* yang dicampur dengan larutan NaOH dan pada prosedur pencampuran untuk pembuatan geopolimer (Rattanask et al,

2009) dengan prinsip ekstraksi padat-cair (*leaching*). Untuk membuat pasta geopolimer, pencampuran terpisah dan pencampuran normal digunakan. Pencampuran terpisah dengan cara, larutan 10 M NaOH dicampur dengan fly ash selama 10 menit pertama. Selanjutnya larutan natrium silikat ditambahkan ke dalam campuran.

Pencampuran beton secara normal, fly ash, sodium hidroksida dan larutan natrium silikat digabungkan dan dicampur pada waktu yang bersamaan. (Criado et al, 2010; palomo et al, 1999; Rattanask et al, 2009; Hardjito et al 2005). Davidovits (2002) menyarankan agar lebih baik mencampur larutan natrium silikat dan larutan natrium hidroksida bersama setidaknya satu hari sebelum menambahkan cairan ke konstituen padat. Dia juga menyarankan agar larutan natrium silikat yang diperoleh dari pasaran biasanya berbentuk dimer atau trimer, bukan monomer, dan mencampurnya dengan larutan natrium hidroksida membantu proses polimerisasi.

Geopolimer dengan kekuatan yang relatif tinggi 60-70 MPa diperoleh ketika 10 M dan 15 M NaOH; G / N dari 1.0 dan pencampuran terpisah prosedur yang digunakan Untuk prosedur pencampuran normal, tinggi kekuatan geopolimer 65 MPa juga didapat dengan tinggi G / N 1,5 dan 2,0.

2.4 Desain Campuran Beton

Perhitungan desain campuran beton geopolimer berbasis Fly Ash dengan mengadopsi perhitungan metode desain campuran beton semen *portland*. Berikut langkah-langkahnya:

1. Menentukan berat jenis beton yang akan digunakan. Berat jenis beton geopolimer berbasis Fly Ash berkisar 2330 Kg/m³ hingga 2430 Kg/m³ (Hardjito dan Rangan, 2005). Dapat juga ditentukan sebesar 2400 Kg/m³ dalam mendesain awal campuran beton geopolimer.
2. Menentukan perbandingan bahan pengikat dan bahan pengisi Agregat sebagai bahan pengisi pada beton geopolimer metode pencampuran beton kadarnya berkisar dari 70% - 80%, sehingga bahan pengikatnya berkisar 20%-30% dari berat total beton (Hardjito dan Rangan, 2005). Artinya dalam suatu campuran beton geopolimer terdapat massa bahan pengikat dengan nilai kisaran (dalam keadaan bahan pengikat basah) sebagai berikut:
 - $20\% \times 2400 \text{ Kg/m}^3 = 480 \text{ Kg/m}^3$,
hingga
 - $30\% \times 2400 \text{ Kg/m}^3 = 720 \text{ Kg/m}^3$

2.5 Curing

Perawatan pada beton dilakukan setelah lebih dari 24 jam, direndam didalam air selama satu sampai dua hari sebelum pengujian sesuai umur rencana.

2.5 Pengujian

2.5.1 Setting-Time (Vicat)

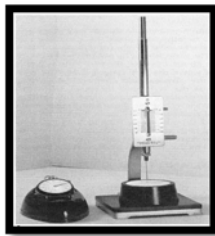
1. Waktu kerja (*Initial Setting Time*)

Waktu kerja atau waktu pengaturan awal adalah jangka waktu dari awal pencampuran sampai massa mencapai tahap setengah-keras dan ditandai dengan adanya

reaksi *setting* sebagian dan penetrasi jarum vicat 25mm.

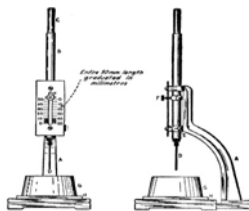
2. Waktu *setting* akhir (*Final Setting Time*)

Waktu *setting* akhir adalah jangka waktu dari waktu pencampuran sampai massa menjadi keras dan dapat di pisahkan dari bahan pencetakan. Standar atau prosedur dalam menggunakan metode pengujian ini dapat mengacu pada (ASTM C 191-01a, 2002).



Gambar 2.4 *Vicat Apparatus*

Sumber : Anusavice KJ. Philips Science Of
Dental Material 11th Ed, 2003; hal 262



Gambar 5 Bagian-bagian *Vicat Apparatus*

Sumber : American Association Sate. Standard Test
Method for Time of Setting of hydraulic Cement by Vicat Needle, 2001; hal 03

Alat vicat harus terdiri dari rangka A (Gambar 2.6) yang mempunyai batang B yang dapat digerakkan, beratnya 300 gram, salah satu ujung torak C berdiameter 10 mm, berjarak sekurang-kurangnya 50 mm, dan ujung lainnya jarum D yang dapat dibongkar

pasang berdiameter 1 mm dan panjang 50 mm. Batang B dapat dipergunakan secara bolak balik dan dapat dipasang dalam beberapa posisi dengan pengatur sekrup E dan mempunyai indikator F yang dapat diatur, dapat bergerak pada skala (ditunjukkan dalam mm) yang skalanya dilekatkan pada rangka A. Pasta semen yang akan diuji dimasukkan ke dalam cincin G, yang kaku berbentuk kerucut, diletakkan di atas pelat datar H yang tidak menyerap air, lebar masing-masing sisinya ± 100 mm. Batang B terbuat dari baja tahan karat mempunyai kekerasan tidak kurang dari 35 HRC dan harus lurus dengan ujung torak yang tegak lurus terhadap sumbu batang B. Cincin terbuat dari bahan tidak korosi, tidak menyerap air mempunyai diameter dalam bagian bawah 70 mm dan bagian atas 60 mm dengan tinggi 40 mm.

Disamping ketentuan tersebut diatas, alat vicat harus sesuai dengan spesifikasi sebagai berikut:

- 1). Berat batang yang dapat bergerak (B) $(300 \pm 0,5)$ gram.
- 2). Diameter ujung batang torak (C) $(10 \pm 0,05)$ mm.
- 3). Diameter jarum $(1 \pm 0,005)$ mm.
- 4). Diameter dalam cincin bagian bawah (70 ± 3) mm.
- 5). Diameter dalam cincin bagian atas (60 ± 3) mm.
- 6). Tinggi cincin (40 ± 1) mm.
- 7). Pembagian skala

Pembagian skala, bila dibandingkan dengan skala standar yang ketelitiannya 0,1 mm pada setiap titik, tidak boleh menunjukkan penyimpangan lebih besar dari 0,25 mm.

2.5.2 Kuat Tekan

Kuat tekan adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji hancur apabila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji tekan. Test kuat tekan menggunakan alat uji *Hammer Test*, sesuai dengan (ASTM C-39, 2002). Proses pengujiannya dimulai dengan menempatkan benda uji ke dalam alat uji, namun permukaan benda uji yang datar ditempatkan di alas bagian atas. Nyalakan alat uji, tunggu beberapa detik hingga benda uji retak, dan jarum penunjuk kembali ke posisi nol. Hitung hasil uji kuat tekan beton dengan rumus sebagai berikut:

- Kuat Tekan individu

$$f_{ci} = \frac{P}{A}$$

- Kuat Tekan Rata-rata:

$$f_{cr} = \sum_{i=1}^n f_{ci} \div n$$

Dimana:

P = Beban maksimum (kg).

A = Luas penampang benda uji (cm²).

F_{ci} = Kuat tekan pasta yang didapat dari hasil pengujian (kg/cm²).

F_{cr} = Kuat tekan pasta rata-rata (kg/cm²).

n = Jumlah benda uji

2.5.3 UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*)

Ultrasonic pulse velocity adalah metode yang digunakan untuk mengukur kecepatan hantaran dari gelombang (*pulse velocity*) ultrasonik pada media binder. Standar atau prosedur dalam menggunakan metode pengujian ini dapat mengacu pada (ASTM

C597, 2003). Kecepatan gelombang ultrasonik dipengaruhi oleh kekakuan elastis dan kekuatan binder. Pada binder yang pemadatannya kurang baik, atau mengalami kerusakan butiran material, gelombang *UPV* akan mengalami penurunan kecepatan. Perubahan kekuatan binder pada tes *UPV* ditunjukkan dengan perbedaan kecepatan gelombangnya; jika turun, adalah tanda bahwa binder mengalami penurunan kekuatan, sebaliknya jika kecepatannya naik, adalah tanda bahwa kekuatan binder meningkat. Klasifikasi kualitas beton disajikan pada tabel.

Tabel 2.3 Kriteria Kecepatan gelombang Pulsa untuk Klasifikasi Beton (IS 1331101-1992)

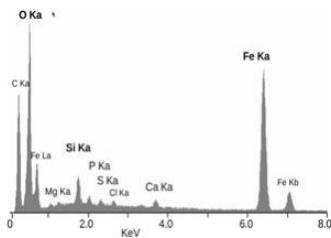
Kecepatan Gelombang Pulsa, V (Km/detik)	Kualitas beton
$4 < V \leq 5$	Istimewa
3,5 - 4,5	Baik
3,0 - 3,5	Sedang
< 3	Meragukan

2.5.4 SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope*)

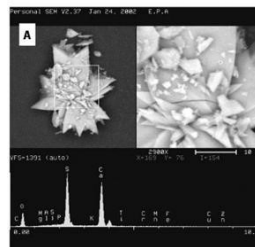
Mengetahui karakterisasi material yang heterogen pada permukaan bahan pada skala mikrometer dan submikrometer dengan menggunakan satu perangkat alat SEM yang dirangkaikan dengan EDX. Pada SEM dapat diamati karakteristik bentuk, struktur, serta distribusi pori pada permukaan bahan, sedangkan komposisi serta kadar unsur yang terkandung dalam sampel dapat dianalisis dengan menggunakan EDX. Dalam pengukuran SEM-EDX, untuk setiap sampel dianalisis dengan menggunakan analisis area.

Pada EDX analisis kualitatif dilakukan dengan cara menentukan energi dari puncak yang ada

dalam spektrum dan membandingkan dengan tabel energi emisi sinar-x dari unsur-unsur yang sudah diketahui. (Larry, 2001). Dalam pengukuran SEM-EDX, untuk setiap sampel dianalisis dengan menggunakan analisis area dan terjadi interaksi interaksi pada sampel yang disinari. Interaksi berupa Energi pancaran elektron dalam bentuk sinar X akan dideteksi dan dihitung oleh energy-dispersive spectrometer (EDX) dan akan dihasilkan keluaran berupa grafik puncak–puncak tertentu yang mewakili unsur yang terkandung (Junhao Zhang dkk, 2007) dan hasil analisa sinar-X yang diemisikan oleh material tersebut sebagai respon terhadap tumbukan dari partikel bermuatan. Selanjutnya akan terdeteksi dan diubah kedalam sebuah gambar oleh analisis SEM dan dalam bentuk grafik oleh analisis EDX (Prasetyo, 2011).



Gambar 2.6 Grafik Hasil Uji EDX



Gambar 2.7 Hasil Uji SEM-EDX

2.5.5 XRF (X-Ray Fluorescence)

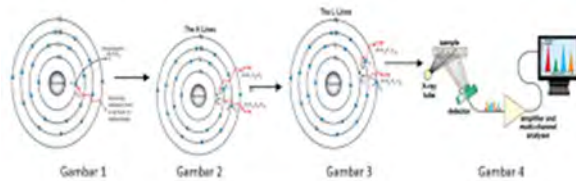
Metode XRF secara luas digunakan untuk menentukan komposisi unsur suatu material. Karena metode ini cepat dan tidak merusak sampel, metode

ini dipilih untuk aplikasi di lapangan dan industri untuk kontrol material. Tergantung pada penggunaannya, XRF dapat dihasilkan tidak hanya oleh sinar X tetapi juga sumber eksitasi primer yang lain seperti partikel alfa, proton atau sumber elektron dengan energy yang tinggi. Apabila terjadi eksitasi sinar X primer yang berasal dari tabung X ray atau sumber radioaktif mengenai sampel, sinar X dapat diabsorpsi atau dihamburkan oleh material.

XRF bertujuan untuk mengetahui secara kualitatif dan kuantitatif kandungan unsur suatu material (Karyasa, 2013). Pada penelitian geopolimer pengujian ini digunakan untuk menguji material seperti: Fly Ash, Kaolin, Blast Furnce Slag, dan material sejenis lainnya. Untuk geopolimer berbasis Fly Ash, hasil pengujian XRF nya digunakan untuk menentukan tipe Fly Ash *Low Calcium* atau *High Calcium* dan Tipe C atau Tipe F .

Proses dimana sinar X diabsorpsi oleh atom dengan mentransfer energinya pada electron yang terdapat pada kulit yang lebih dalam disebut efek fotolistrik. Selama proses ini, bila sinar X primer memiliki cukup energi, elektron pindah dari kulit yang di dalam menimbulkan kekosongan. Kekosongan ini menghasilkan keadaan atom yang tidak stabil. Apabila atom kembali pada keadaan stabil, elektron dari kulit luar pindah ke kulit yang lebih dalam dan proses ini menghasilkan energi sinar X yang tertentu dan berbeda antara dua energi ikatan pada kulit tersebut. Emisi sinar X dihasilkan dari proses yang disebut X Ray Fluorescence (XRF).

Proses deteksi dan analisa emisi sinar X disebut analisa XRF. Pada umumnya kulit K dan L terlibat pada deteksi XRF. Jenis spektrum X ray dari sampel yang diradiasi akan menggambarkan puncak-puncak pada intensitas yang berbeda (T.D., 2009).



Gambar 2.8 Cara Kerja Uji XRF

2.5.6 XRD (*X-Ray Diffraction*)

XRD bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan mineral maupun senyawa, seperti: Quartz, Mulite, Kaolinit dan mineral lainnya. Mineral Quartz dan Mulite merupakan mineral yang banyak ditemukan dalam Fly Ash Tipe F (Abdullah et al, 2013). Sementara dalam Tipe C mengandung: Quartz, Periclase, Anyhydrite, lime, C3A, dan C4A3S (Tishmack, 1999). Selain itu XRD juga untuk mengidentifikasi material yang bersifat Kristal dan amorf. Kandungan Kristal dan amorfus dalam suatu material dapat membantu mengetahui tingkat kereaktifan suatu material (Abdullah et al, 2013).

2.5.7 PSD (*Particle Size Distribution*)

PSD bertujuan untuk mengetahui sebaran butiran suatu material dengan ukuran butiran dari yang berukuran 0,02 – 2000 μm menggunakan teori

Franhofer yaitu prinsip *laser light scattering* (Halder, 2013). Ini bergantung pada analisis cahaya terdifraksi yang dihasilkan saat sinar laser melewati dispersi partikel di udara atau cairan. Sudut difraksi meningkat saat ukuran partikel menurun, sehingga metode ini sangat baik untuk mengukur ukuran antara 0,1 dan 3,000 μm .

Kemajuan dalam pengolahan data dan otomatisasi yang canggih memungkinkan ini menjadi metode dominan yang digunakan dalam penentuan PSD industri. Teknik ini relatif cepat dan bisa dilakukan pada sampel yang sangat kecil. Keuntungan tertentu adalah teknik tersebut dapat menghasilkan pengukuran terus menerus untuk menganalisis aliran proses. Difraksi laser mengukur distribusi ukuran partikel dengan mengukur variasi sudut dalam intensitas cahaya yang berserakan karena sinar laser melewati sampel partikulat terdispersi. Partikel besar menghamburkan cahaya pada sudut kecil relatif terhadap sinar laser dan partikel kecil menyebarkan cahaya pada sudut yang besar, seperti yang digambarkan di bawah ini. Data intensitas hamburan angular kemudian dianalisis untuk menghitung ukuran partikel yang bertanggung jawab untuk menciptakan pola hamburan, dengan menggunakan teori tentang hamburan cahaya. Ukuran partikel dilaporkan sebagai diameter bola ekuivalen volume.

2.5.8 FTIR (*Fourier-Transform Infrared Spectroscopy*)

Salah satu jenis spektroskopi adalah spektroskopi infra merah (IR). Spektroskopi ini

didasarkan pada vibrasi suatu molekul. Spektroskopi inframerah merupakan suatu metode yang mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang 0.75 - 1.000 μm atau pada bilangan gelombang 13.000 - 10 cm^{-1} .

Prinsip kerja spektrofotometer infra merah adalah sama dengan spektrofotometer yang lainnya yakni interaksi energi dengan suatu materi. Spektroskopi inframerah berfokus pada radiasi elektromagnetik pada rentang frekuensi 400-4000 cm^{-1} , di mana cm^{-1} yang dikenal sebagai wavenumber ($1/\text{wavelength}$), yang merupakan ukuran unit untuk frekuensi. Untuk menghasilkan spektrum inframerah, radiasi yang mengandung semua frekuensi di wilayah IR dilewatkan melalui sampel. Mereka frekuensi yang diserap muncul sebagai penurunan sinyal yang terdeteksi. Informasi ini ditampilkan sebagai spektrum radiasi dari% ditransmisikan bersekolong melawan wavenumber.

Spektroskopi inframerah sangat berguna untuk analisis kualitatif (identifikasi) dari senyawa organik karena spektrum yang unik yang dihasilkan oleh setiap organik zat dengan puncak struktural yang sesuai dengan fitur yang berbeda. Selain itu, masing-masing kelompok fungsional menyerap sinar inframerah pada frekuensi yang unik. Sebagai contoh, sebuah gugus karbonil, $\text{C} = \text{O}$, selalu menyerap sinar inframerah pada 1670-1780 cm^{-1} , yang menyebabkan ikatan karbonil untuk meregangkan (Silverstein, 2002).

Atom-atom di dalam suatu molekul tidak diam melainkan bervibrasi (bergerak). Ikatan kimia

yang menghubungkan dua atom dapat dimisalkan sebagai dua bola yang dihubungkan oleh suatu pegas. Bila radiasi inframerah dilewatkan melalui suatu cuplikan maka molekul-molekulnya dapat menyerap (mengabsorpsi) energi dan terjadilah transisi di antara tingkat vibrasi dasar dan tingkat tereksitasi. Contoh suatu ikatan C-H yang bervibrasi 90 triliun kali dalam satu detik harus menyerap radiasi inframerah pada frekuensi tersebut untuk pindah ketingkat vibrasi tereksitasi pertama. Pengabsorpsian energi pada frekuensi dapat dideteksi oleh spektrofotometer inframerah yang memplot jumlah radiasi infra merah yang akan memberikan informasi tentang gugus fungsional suatu molekul (Blanchard, A Arthur, 1986).

Inframerah merupakan radiasi elektromagnetik dari suatu panjang gelombang yang lebih panjang dari gelombang tampak tetapi lebih panjang dari gelombang mikro. Spektroskopi inframerah merupakan salah satu teknik spektroskopi yang didasarkan pada penyerapan inframerah oleh senyawa. Karena spectrum IR memiliki panjang gelombang yang lebih panjang dari panjang gelombang yang lain maka energi yang dihasilkan oleh spectrum ini lebih kecil dan hanya mampu menyebabkan vibrasi atom-atom pada senyawa yang menyerapnya. Daerah radisai sinar inframerah terbagi menjadi 3 antara lain:

1. Daerah IR dekat ($13000-4000\text{ cm}^{-1}$)
2. Daerah IR tengah ($4000-200\text{ cm}^{-1}$)
3. Daerah IR jauh ($200-10\text{ cm}^{-1}$)

Kebanyakan analisis kimia berada pada daerah IR tengah. IR jauh digunakan untuk menganalisis zat organik, anorganik dan organologam yang memiliki atom berat (massa atom di atas 19). Sedangkan IR dekat menganalisis kuantitatif dengan kecepatan tinggi. Karena panjang gelombang IR lebih pendek dari panjang gelombang sinar tampak ataupun sinar UV maka energi IR tidak mampu mentransisikan elektron, melainkan hanya menyebabkan molekul hanya bergetar.

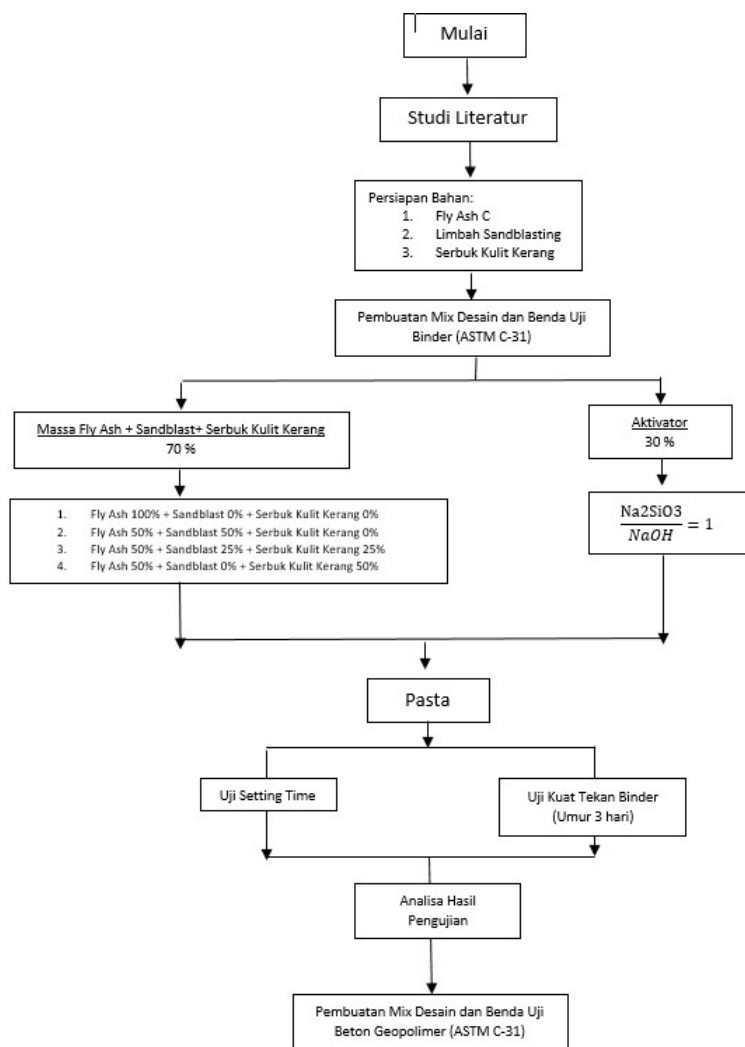
Setiap molekul memiliki harga energi tertentu. Bila suatu senyawa menyerap energi dari sinar IR maka tingkat energi didalam molekul itu akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Sesuai dengan energi yang diserap maka yang akan terjadi pada molekul itu adalah perubahan energi vibrasi yang diikuti dengan perubahan energi rotasi. Interaksi ini terjadi dengan syarat adanya perubahan momen dipol sebagai akibat dari vibrasi. Radiasi medan listrik berubah-ubah akan berinteraksi dengan molekul dan akan menyebabkan perubahan amplitudo salah satu gerakan molekul. Selain itu energi yang dihasilkan oleh sinar IR harus sesuai dengan energi yang dibutuhkan oleh atom untuk bervibrasi. Senyawa seperti O_2 dan N_2 tidak memiliki perubahan momen dipole dalam vibrasinya sehingga tidak dapat mengadsorpsi sinar IR (Earnshaw A, 1997).

BAB III

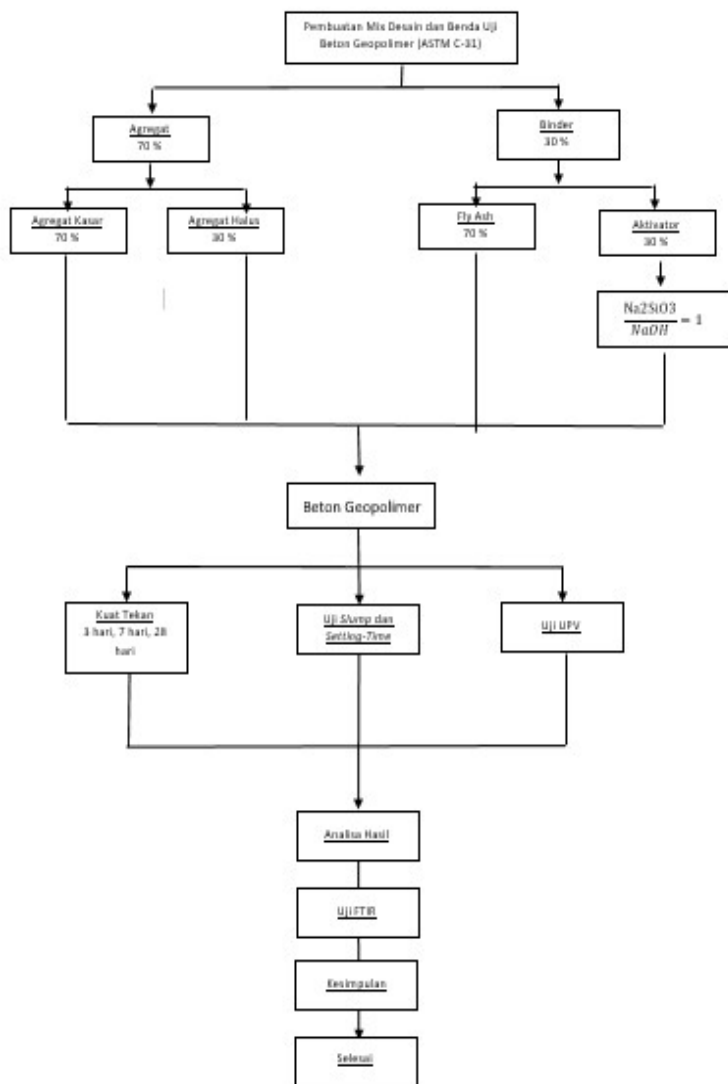
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Metodologi sangat penting dan diperlukan dalam sebuah penelitian agar penelitian yang dilakukan dapat lebih terarah sehingga hasil yang didapatkan lebih optimum. Adapun metodologi penelitian yang akan di lakukan dalam proposal penelitian tugas akhir ini dilampirkan dalam bagan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Bagan Alir Metode Penelitian



Gambar 3.2 Bagan Alir Metode Penelitian

3.1 Studi Literatur

Langkah awal dalam penyusunan tugas akhir ini adalah studi literatur mengenai pasta geopolimer dan segala macam jurnal penelitian yang telah membahas tentang pasta geopolimer berbahan dasar Limbah *Sandblasting*, limbah cangkang kerang dan *high calcium fly ash*.

3.3 Persiapan Material

Tahapan awal dari penelitian ini adalah melakukan pengujian kualitas terhadap material-material yang akan digunakan dengan mengacu pada standar ASTM. Adapun material-material yang dibutuhkan yaitu:

1. Fly Ash
2. Limbah *Sandblasting*
3. Serbuk Kulit Kerang
4. Agregat halus (Pasir)
5. Agregat Kasar (Kerikil)
6. Alkali Aktifator
 - a. Natrium Silikat (Na_2SiO_3)
 - b. Natrium Hidroksida (NaOH)
7. Aquades

3.3.1 Fly Ash

Dalam penelitian ini, *fly ash* yang digunakan berasal dari limbah PT. Paiton Probolinggo yang ditunjukkan pada gambar dimana *fly ash* yang akan digunakan harus diuji *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui komposisi kimia

sehingga dapat ditentukan *fly ash* tersebut termasuk dalam kelas F atau kelas C (ASTM C 618) dan uji SEM-EDX.



Gambar 3.3 *Fly Ash* Tipe C

3.3.2 Limbah *Sandblasting*

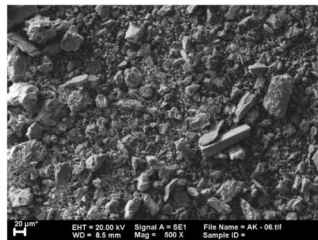
Limbah *Sandblasting* dengan satu kali pemakaian berasal dari PT Swadaya Graha, Gresik, Jawa Timur adalah Pabrik fabrikasi baja dan besi, yang lolos ayakan No.200.



Gambar 3.4 Limbah *Sandblasting*

3.3.3 Serbuk Kulit Kerang

Limbah cangkang kerang yang digunakan adalah limbah cangkang kerang bulu yang didapat dari sentra ikan Kenjeran, Surabaya. Proses *pre-treatment* cangkang kerang yaitu terlebih dahulu dibersihkan dan dihaluskan menjadi lebih kecil dari ukuran awalnya, kemudian dibakar pada suhu 700° C selama 2 jam dan dihaluskan dengan dan di ayak hingga lolos ayakan No. 200 yang telah dilakukan oleh Freizna, 2017.



Gambar 3.5 SEM Serbuk Kulit Kerang, Freizna 2017

Tabel 3.1 Hasil Uji XRF Serbuk Kulit Kerang, Freizna 2017

PARAMETER	
F	<2e
Na2O	
MgO	0.1970
Al2O3	0.2920
SiO2	1.1200
P2O5	0.0450
SO3	0.2640
Cl	
K2O	0.0235
CaO	97.5900
Sc2O3	0.0063
TiO2	0.0260
V2O5	<2e
Cr2O3	0.0055
MnO	0.0183
Fe2O3	0.3860
Co3O4	<
NiO	<2e
CuO	0.0185
ZnO	0.0079
La2O3	<2e
CeO2	<
Nd2O3	<2e
WO3	<

3.3.3 Agregat

Pada penelitian ini material agregat yang meliputi agregat kasar seperti pada Gambar 3.8 dan agregat halus pada Gambar berasal dari Toko material di Surabaya. Kedua material agregat yang akan digunakan sebelumnya harus dilakukan pengujian untuk dapat memenuhi persyaratan material pembuatan beton.



Gambar 3.6 Agregat Kasar



Gambar 3.7 Agregat Halus

3.3.3 Alkali Aktifator

Jenis aktivator yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sodium Hidroksida (NaOH) dan Sodium Silikat (Na_2SiO_3) yang mudah didapatkan secara bebas di toko yang menjual bahan-bahan kimia.

a. Natrium Hidroksida (NaOH)

Sodium Hidroksida (NaOH) yang digunakan berbentuk Kristal (flake) dengan kadar kemurnian 98%. NaOH yang akan digunakan harus dilarutkan terlebih dahulu dengan air sehingga menjadi larutan NaOH. Konsentrasi NaOH yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10M.



Gambar 3.8 Natrium Hidroksida (NaOH) berbentuk kristal

Rumus yang digunakan untuk membuat larutan NaOH 10M :

$$\begin{array}{ll} n & = V \times M \\ n & = \text{jumlah mol zat terlarut (mol)} \\ M & = \text{kemolaran larutan (mol/liter)} \\ V & = \text{Volume larutan (liter)} \end{array}$$

$$\text{Massa NaOH} = n \text{ mol} \times M_r$$

$$n \text{ mol} = \text{jumlah mol zat terlarut (mol)}$$

$$M_r = \text{massa relatif atom (gram/mol)}$$

Pembuatan NaOH 10M adalah sebagai berikut:

a. Peralatan :

- Gelas Ukur Volume 1 liter
- Timbangan digital
- Alat pengaduk

b. Bahan-Bahan :

- Aquades murni
- Serpihan Natrium hidroksida (NaOH)

c. Langkah kerja

1. Menghitung kebutuhan NaOH yang akan digunakan.

$$\begin{aligned}N &= V \times M \\&= 1 \text{ liter} \times 10 \\&= 10 \text{ mol}\end{aligned}$$

Dimana :

n = jumlah mol zat tersebut

M = kemolaran larutan

V = volume larutan

$M_r \text{ NaOH} = 40$ (Penjumlahan A_r dari unsur unsur penyusun senyawa yaitu, $\text{Na}=23$, $\text{O}=16$, $\text{H}=1$)

$$\begin{aligned}\text{Massa NaOH} &= n \text{ mol} \times M_r \\&= 10 \text{ mol} \times 40 \text{ gram / mol} \\&= 400 \text{ gram}\end{aligned}$$

2. Menimbang NaOH seberat 400 gram dan masukkan pada gelas ukur.
3. Tuangkan aquades ke dalam gelas ukur sampai volumenya 1 liter.
4. Aduk hingga larut.
5. Diamkan pada suhu ruang hingga dingin setelah reaksi.

b. Natrium Silikat (Na_2SiO_3)

Sodium silikat yang digunakan berupa cairan kental yang didapat dari Toko Kimia di Surabaya dengan keadaan siap pakai seperti yang ditunjukkan pada gambar dimana kandungan yang terdapat dalam sodium silikat di uji di laboraorium kimia Departemen Kimia ITS dengan komposisi; H_2O 13,49% , SiO_2 56,38%, Na_2O 30,13%



Gambar 3.9 Natrium Silikat

3.4 Mix Design Binder Geopolimer

Mix design binder geopolimer dicantamukan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 3.2 *Mix Design* Binder Geopolimer per m³

Kode Binder	<i>Fly Ash</i> (kg)	<i>Limbah Sandblasting</i> (kg)	Serbuk Kulit Kerang (kg)	NaOH (kg)	Na_2SiO_3 (kg)
	70	%	30	%	
100%FA	1680	0	0	360	360
50%FA : 50% Snd	840	840	0	360	360
50% FA : 25 %Snd :25% Sk	840	420	420	360	360
50% FA : 0 Snd : 50% Sk	840	0	840	360	360

Tabel 3.3 Mix Design Binder Geopolimer per Kubus 5cmx5cmx5cm

Kode Binder	Fly Ash (gram)	Limbah Sandblasting (gram)	Serbuk Kulit Kerang (gram)	NaOH (gram)	Na ₂ SiO ₃ (gram)
	70 %			30 %	
100%FA (V1)	210,00	0,00	0,00	45,00	45,00
50%FA : 50%Snd (V2)	105,00	105,00	0,00	45,00	45,00
50%FA : 25%Snd :25% Sk (V3)	105,00	52,50	52,50	45,00	45,00
50%FA : 0 Snd : 50%Sk (V4)	105,00	0,00	105,00	45,00	45,00

a. Kubus 5 x 5 x 5 cm

Mix desain kubus geopolimer berukuran 5 x 5 x 5 cm² sebagai berikut :

Massa 1 kubus geopolimer ukuran 5 x 5 x 5 cm²

$$\begin{aligned}
 \text{Volume 1 kubus} &= s \times s \times s \\
 &= 5 \times 5 \times 5 \\
 &= 125 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa 1 binder} &= \text{Berat vol.beton} \times \text{vol.kubus} \\
 &= 2,4 \text{ gr/cm}^3 \times 125 \text{ cm}^3 \\
 &= 300 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa FA +Sblst+S.Kerang} &= 70\% \times \text{massa 1 kubus} \\
 &= 70\% \times 300 \text{ gram} \\
 &= 210 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

b. Menentukan massa aktivator

Direncanakan massa aktivator 30% dari massa 1 kubus sedangkan perbandingan massa antara sodium silikat dengan sodium hidroksida sebagai contoh perhitungan direncanakan sebesar 1.0

Massa aktivator kubus = 30% x massa 1binder

$$= 30 \% \times 300 \text{ gram}$$

$$= 90 \text{ gram}$$

Massa aktivator = Massa sodium silikat + Massa sodium hidroksida.

Perbandingan $\text{Na}_2\text{SiO}_3 : \text{NaOH} = 1.0$

$\text{Na}_2\text{SiO}_3 = \text{NaOH}$

Massa aktivator = Massa sodium silikat + Massa sodium hidroksida.

$$120\text{gram} = 1 \text{ NaOH} + 1 \text{ Na}_2\text{SiO}_3$$

$$120\text{gram} = 1 \text{ NaOH} + 1 \text{ NaOH}$$

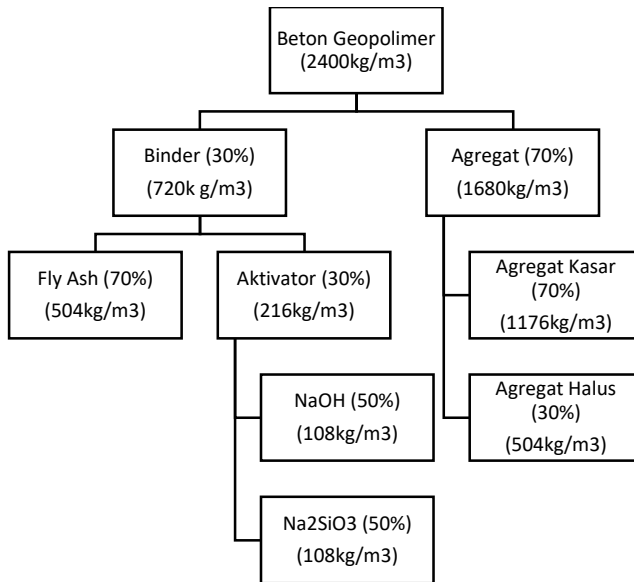
$$120 \text{ gram} = 2 \text{ NaOH}$$

$$\text{NaOH} = 45\text{gram}$$

$$\text{Na}_2\text{SiO}_3 = 45\text{gram}$$

3.5 Mix Desain Beton Geopolimer

Mix design ini bertujuan untuk mendapatkan massa bahan yang akan digunakan untuk membuat 1 m³ beton geopolimer. Bahan yang dipakai meliputi fly ash, agregat kasar dan halus, larutan NaOH dan Na_2SiO_3 .



Gambar 3.10 Bagan Mix Design Beton Geopolimer

Komposisi beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Massa Beton} &= \text{Massa Agregat} + \text{Massa Binder} \\
 2400 \text{ Kg/m}^3 &= 70\% + 30\% \\
 &= 1680 \text{ kg/m}^3 + 720 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa Agregat} &= \text{Massa Agregat Kasar} + \\
 &\quad \text{Massa Agregat Halus} \\
 &= 70\% + 30\% \\
 &= 1176 \text{ kg/m}^3 + 504 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Massa Binder} = \text{Massa Fly Ash} + \text{Massa Aktifator}$$

$$= 70\% + 30\%$$

$$= 504 \text{ kg/m}^3 + 216 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Massa Aktifator} = \text{Massa Fly Ash} + \text{Massa Aktifator}$$

$$= 50\% + 50\%$$

$$= 108 \text{ kg/m}^3 + 108 \text{ kg/m}^3$$

3.5 Metode Pencampuran Binder Geopolimer

1. Metode pencampuran alkali aktifator binder geopolimer dilakukan secara terpisah.



1. Masukkan Fly Ash kedalam Mixer



2. Campurkan larutan NaOH dan aduk selama 10 Menit sampai merata.



3. Campurkan Na_2SiO_3 kedalam pasta, aduk selama 1 menit.



4. Siap dituangkan kedalam cetakan.

2. Metode pencampuran binder geopolimer dilakukan secara umum/normal (*normal mixing*).

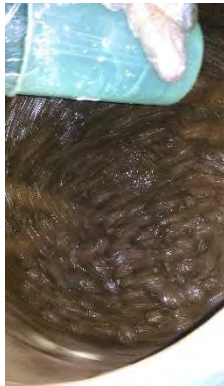
1. Campurkan larutan NaOH + Na_2SiO_3 aduk rata hingga hingga campuran aktifator sangat cair.
2. Campurkan larutan aktifator pada *Fly Ash* dan aduk.
3. Tuangkan dalam cetakan.

3.6 Metode Pencampuran Beton Geopolimer

Metode pencampuran beton geopolimer menggunakan alat *Gravity Molen mixer* dengan metode pencampuran berbeda dengan pembuatan binder geopolimer diatas. Metode ini didapatkan dari hasil-hasil *trial* pencampuran untuk mendapatkan hasil benda uji yang memiliki *setting time* beton yang lebih baik dari pencampuran normal beton geopolimer berbahan dasar *Fly Ash* Tipe C. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :



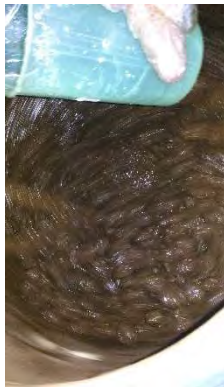
1. Masukkan kerikil kedalam molen mixer.



2. Campurkan $\frac{1}{4}$ dosis larutan NaOH yang telah ditentukan sebelumnya.



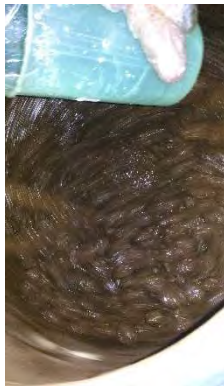
3. Tambahkan pasir kedalam molen mixer.



4. Campurkan $\frac{1}{4}$ dosis larutan NaOH.



5. Tambahkan *Fly Ash* kedalam molen mixer secara perlahan dan merata untuk menghindari terjadinya gumpalan *Fly Ash*.



6. Campurkan semua sisa larutan NaOH yang telah ditentukan sebelumnya.



7. Aduk selama 5 menit agar Fly Ash bereaksi menyeluruh dengan NaOH sampai kondisi campuran seperti diatas yaitu *Fly Ash* dan pasir melekat pada Kerikil.



8. Campurkan semua dosis Na_2SiO_3 secara merata.



9. Aduk selama 3 menit.



10. Selesai, beton geopolimer siap dituang dan dicetak.



11. Tunggu 5 menit, kemudian uji *Slump*



12. Masukkan beton segar kedalam cetakan beton dan rojok minimal 25 kali setiap sepertiga volume beton dalam cetakan.



13. Tunggu sampai beton mengeras, lepas cetakan dan diamkan selama 1 hari untuk selanjutnya dicuring dalam air.

Metode pencampuran binder geopolimer menggunakan *normal mixing* yaitu alkali aktifator direaksikan dahulu, didapatkan *setting-time* pasta 5 menit sehingga tidak dilanjutkan pada tahap pencampuran beton.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Umum

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil penelitian yang telah diperoleh dari tiap - tiap pengujian, kemudian dianalisa dan ditarik kesimpulan. Hasil penelitian di laboratorium terdiri dari hasil uji material fly ash, agregat, hasil kuat tekan, upv, *slump test* dan *setting time*. Data-data hasil pengujian akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah dalam menganalisa.

4.2 Hasil Analisa Material

4.2.1 Fly Ash

1. *X-Ray Fluorescences Fly Ash*

Pada penelitian ini, digunakan Limbah Fly Ash penggunaan batu bara dari Paiton Jawa Power. Pengujian XRF (*X-Ray Fluorescences*) dilakukan di Laboratorium Analisa Kimia PT. Semen Indonesia (Persero), Tbk. Berdasarkan ASTM C 618, *fly ash* ini digolongkan Tipe C.

Hasil analisa komposisi kimia menurut ASTM C-618,-03 menunjukkan bahwa *fly ash* yang digunakan tergolong **Tipe C** berdasarkan :

- $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = \underline{\underline{65.04\%}} > 50\% \rightarrow \text{Kelas C}$
- $\text{CaO} = \underline{\underline{19.56\%}} > 10\% \rightarrow \text{Kelas C}$
- $\text{SO}_3 = \underline{\underline{2.08\%}} < 5\% \rightarrow \text{Kelas C}$

Tabel 4.1 Hasil XRF *Fly Ash* Tipe C

Senyawa	Kandungan (%)
SiO ₂	34.52
CaO	19.56
Fe ₂ O ₃	18.16
Al ₂ O ₃	12.36
MgO	9.25
SO ₃	2.08
Na ₂ O	1.69
K ₂ O	1.03
TiO ₂	0.67
BaO	0.23
P ₂ O ₅	0.18
MnO	0.18
SrO	0.1
Cr ₂ O ₃	0.06
Cl	0.02
ZnO	0.02
ZrO ₂	0.02
NiO	0.01

Sumber : Analisa Lab.Kimia

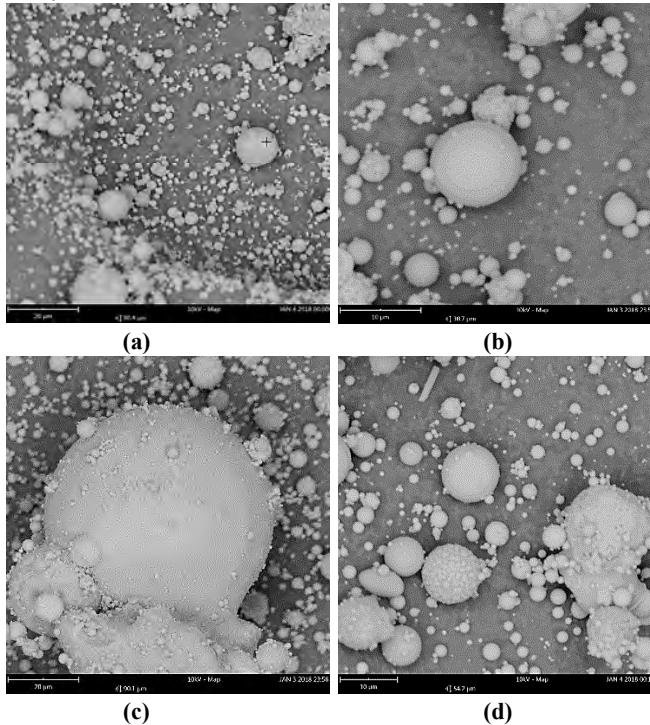
PT.Semen Indonesia (Persero), Tbk, 2018

Setting-time pada *Fly Ash* Tipe C berlangsung cepat dikarenakan reaksi hidroliknya meningkat seiring dengan meningkatnya kadar kalsium dan lebih sulit diprediksi (Wang, 2006 dan Roberts 2007).

2. SEM-EDX *Fly Ash*

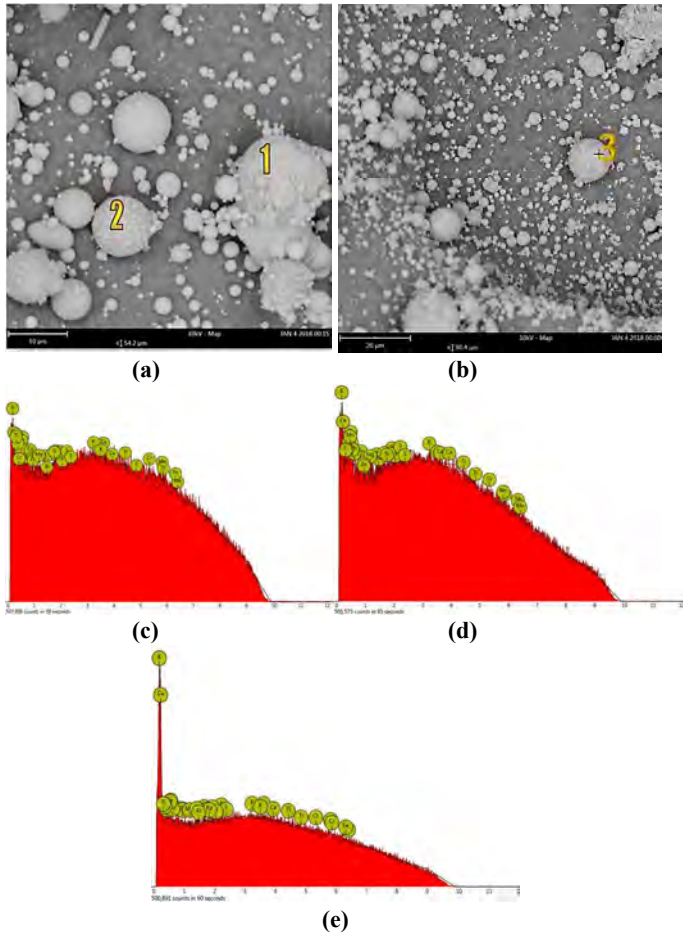
Mengetahui karakterisasi material yang heterogen pada permukaan bahan pada skala mikrometer dan submikrometer dengan menggunakan satu perangkat alat SEM yang dirangkaikan dengan EDX. Pada SEM dapat diamati karakteristik bentuk, struktur, serta distribusi pori

pada permukaan bahan, sedangkan komposisi serta kadar unsur yang terkandung dalam sampel dapat dianalisis dengan menggunakan EDX. Dalam pengukuran SEM-EDX, untuk setiap sampel dianalisis dengan menggunakan analisis area. Pengujian SEM-EDX dilakukan di LPPM ITS Surabaya.



Gambar 4.1 (a) (c)SEM Fly Ash Tipe C ukuran 20µm, (b) (d) SEM Fly Ash Tipe C ukuran 10µm

Hasil analisis SEM menunjukkan, bentuk partikel pada *Fly Ash* Tipe C berbentuk bulat halus dan memiliki ukuran partikel yang berbeda-beda dan distribusi ukuran partikelnya tidak merata. Hal ini juga dibuktikan juga dengan pengujian PSD (*Particle Size Distribution*) pada sub-bab selanjutnya.



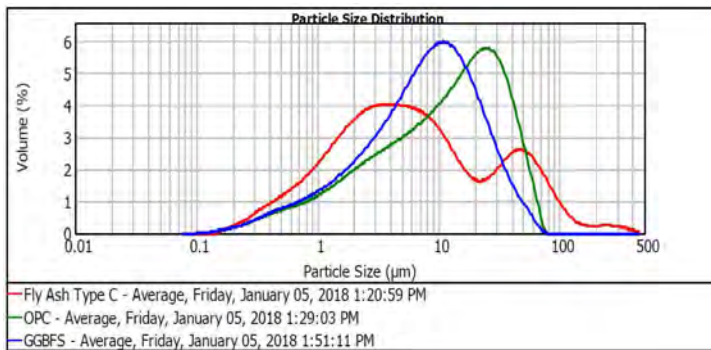
Gambar 4.2 (a) (b)SEM Fly Ash Tipe C ukuran 20μm, (c) (d) (e) Hasil EDX dari ketiga titik.

Pengujian EDX *Fly Ash* Tipe C pada grafik mengindikasikan bahwa *fly ash* tersebut memiliki *peak* (puncak) tiap unsur tidak jelas dan menumpuk/bertumpang tindih antara unsur-unsurnya, atau tidak dapat memantulkan sinar elektron dengan sempurna. Hal ini dikarenakan, padatan *fly ash* berupa Amorf (*Amorphus*) yang merupakan partikel

penyusun dari suatu material dimana atom-atomnya tersusun secara tidak teratur, sehingga panjang dan sudut ikatan antar atom juga tidak teratur. Kasus inilah yang diketahui sebagai bentuk penyimpangan struktural. (Yashito,2006).

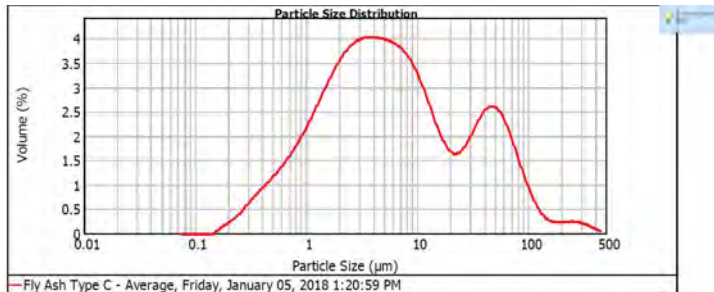
3. Particle Size Distribution Fly Ash

Pengujian *Particle Size Distribution* (PSD) menggunakan Malvern Mastersizer 2000 dilakukan di Pusat Penelitian Semen PT. Semen Indonesia (Persero),Tbk.



Gambar 4.3 Particle Size Distribution Fly Ash, OPC, GGBFS
Sumber : Analisa Lab PT.Semen Indonesia (Persero), Tbk., 2018

Dalam pengujian Fly Ash, digunakan dua sampel material lainnya, yaitu OPC (*Ordinary Portland Cement*) dan GGBFS (*Ground Granulated Blast Furnace Slag*). Tujuan digunakan dua material pendukung ini adalah untuk mengetahui karakteristik material yang dimiliki, dimana OPC merupakan material padat berupa 100% Kristalin dan GGBFS berupa 100% Amorf. Dari hasil grafik yang didapat, Fly Ash yang diuji berupa padatan campuran Kristalin dan Amorf dengan volume amorf lebih besar.



Gambar 4.4 *Particle Size Distribution Fly Ash*

Sumber : Analisa Lab PT.Semen Indonesia (Persero), Tbk,2018

Persebaran ukuran partikel pada *Fly Ash* dimulai pada ukuran sekitar 0.15 μm dan ukuran terbesar pada 450 μm . Pada gambar tersebut, terjadi kenaikan volume (%) dari ukuran 0.15 μm sampai pada puncak grafik ukuran 4 μm dengan volume 4% dan mulai menurun sampai pada ukuran sekitar 11 μm dengan volume 1.6% dan naik kembali sampai pada ukuran sekitar 13.5 μm dengan volume 2.6% dan turun kembali sampai pada ukuran 150 μm dengan volume 0.23% dan naik pada ukuran 160 μm dengan volume 0.25% dan kemudian turun pada ukuran 450 μm dengan volume 0%.

Pada grafik tersebut dihasilkan dua *peak* (puncak) hal ini mengindikasikan bahwa distribusi partikel *Fly Ash* tidak merata. Berbanding terbalik dengan distribusi partikel dengan OPC (*Ordinary Portland Cement*) dan GGBFS (*Ground Granulated Blast Furnace Slag*) dimana distribusi partikel secara merata sangat mempengaruhi kinerja material diantaranya sesuai dengan teori milik (Crouch, 2007). Peningkatan kemampuan kerja dan Kekuatan adalah hasil dari “*ball bearing*” aksi bola partikel *Fly Ash*. *Fly Ash* meningkatkan gradasi dalam campuran dengan merapikan distribusi ukuran partikel halus.

4. Berat Jenis *Fly Ash* (ASTM C-118)

Pengujian berat jenis fly ash dilakukan sesuai dengan standar ASTM C-118.

Tabel 4.2 Berat Jenis *Fly Ash*

Percobaan	1	2
Berat Fly Ash (w1) gram	50.2	50.4
B. Fly Ash + Air + Labu Takar (w2) gram	1292.8	1290.6
Berat Air + Labu Takar (w3) gram	1261.3	1260.4
Berat Jenis (gram/cm ³) = $w1/(w3+w1-w2)$	2.684	2.495

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis fly ash, berat jenis yang didapatkan sebesar 2,589 gram/cm³. Penelitian Munir (2010) menyatakan bahwa berat jenis fly ash berkisar antara 2.1 hingga 3.1 gram/cm³. Sehingga dapat disimpulkan bahwa berat jenis fly ash kelas C yang berasal dari Paiton Jawa Power telah memenuhi persyaratan.

4.2.2 Limbah *Sandblasting* dan Serbuk Kulit Kerang

1. *X-Ray Fluorescences (XRF)*

Pada penelitian ini, digunakan Limbah *Sandblasting* dari Pabrik Fabrikasi Baja PT. Swadaya Graha dan serbuk kulit kerang dari kenjeran Surabaya. Pengujian XRF (*X-Ray Fluorescences*) dilakukan di Laboratorium Analisa Kimia PT. Semen Indonesia (Persero), Tbk.

Tabel 4.2 Hasil Uji XRF Limbah *Sandblasting*

Senyawa	Kandungan (%)
SiO₂	92,77
CaO	1,58
Fe₂O₃	5,19
Al₂O₃	1,35
MgO	0,29
SO₃	0,07
Na₂O	0,13
K₂O	0,3
TiO₂	0,6
BaO	0,23
P₂O₅	0,12
MnO	0,13
Cr₂O₃	0,26

Tabel 4.3 Hasil Uji XRF Limbah Serbuk Kulit kerang

Senyawa	Kandungan (%)
SiO₂	10,96
CaO	61,13
Fe₂O₃	2,8
Al₂O₃	3,69
MgO	9,25
SO₃	2,08
Na₂O	1,02
K₂O	0,45
TiO₂	0,23
P₂O₅	0,13
MnO	0,08
SrO	0,17
Cl	0,06

Sumber : Analisa Lab.Kimia
PT.Semen Indonesia (Persero), Tbk, 2018

Dari hasil uji XRF pada material *sandblast* dan serbuk kulit kerang jumlah prosentase yang memiliki sifat *pozzolan* dapat dihitung yaitu :

- Limbah *Sandblasting*

$$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 99,31 \%$$

$$\text{CaO} = 1.5 \% < 10\%$$

Kadar CaO lebih kecil dari 10% dan kadar SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ lebih besar dari 70% sehingga material Limbah *Sandblasting* setara dengan Fly Ash Tipe F (ASTM C 618) sehingga dapat digunakan sebagai pasta geopolimer.

- Limbah Serbuk Kulit Kerang

$$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 17.45 \%$$

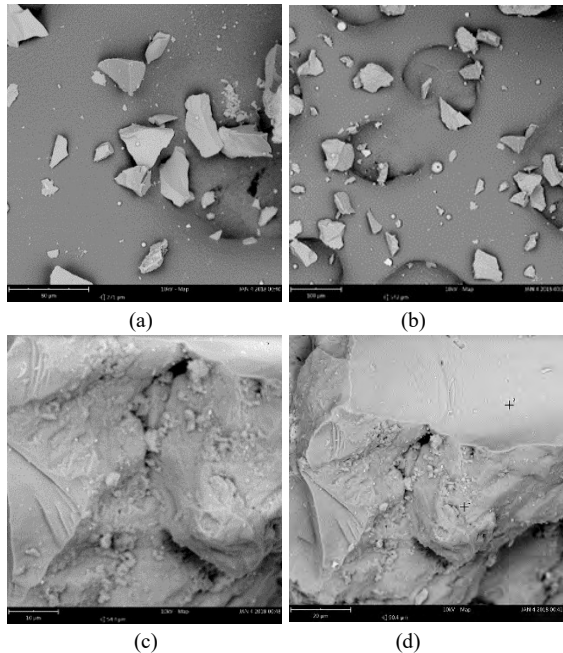
$$\text{CaO} = 61.3 \% > 10\%$$

Kadar CaO lebih besar dari 10% dan kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ lebih kecil dari 50% sehingga material serbuk kulit kerang tidak setara dengan Fly Ash Tipe F dan Tipe C secara keseluruhan. Hanya kadar $\text{CaO} > 10\%$ yang setara dengan Fly Ash Tipe C. Kadar kalsium (CaO) dari serbuk kerang adalah 61.3 % dengan kandungan kalsium yang tinggi dapat mengganggu proses polimerisasi dan mengubah mikrostruktur (Gourley, 2003; Gourley and Johnson, 2005 dalam Septia.G. Pugar, 2011).

2. SEM-EDX Limbah Sandblasting

Pada penelitian ini, digunakan Limbah *Sandblasting* dari PT.Swadaya Graha Gresik dan serbuk kulit kerang untuk diuji SEM-EDX di ITS Surabaya.

Penggunaan SEM untuk mengetahui karakterisasi material yang heterogen pada permukaan bahan pada skala mikrometer dan submikrometer dengan menggunakan satu perangkat alat SEM yang dirangkaikan dengan EDX. Hasil uji SEM limbah *Sandblasting* memiliki bentuk partikel lancip-lancip dengan ukuran yang bervariasi. Pada SEM juga dapat diamati karakteristik pori pada permukaan bahan, pada Limbah *Sandblasting* permukaan pori permukaan sangat halus .



Gambar 4.5 (a) (b) SEM Limbah *Sandblasting* 100μm, (c) (d) SEM Limbah *Sandblasting* 10μm

Sedangkan pada serbuk kulit kerang, pengujian SEM-EDX telah dilakukan oleh Freizna, 2017. Hasil menunjukkan bentuk partikel pada serbuk kulit kerang memiliki ukuran partikel yang bervariasi dengan permukaan halus dan berongga/kasar.

Pada EDX analisis kualitatif dilakukan dengan cara menentukan energi dari puncak yang ada dalam spektrum dan membandingkan dengan tabel energi emisi sinar-x dari unsur-unsur yang sudah diketahui. (Larry, 2001).

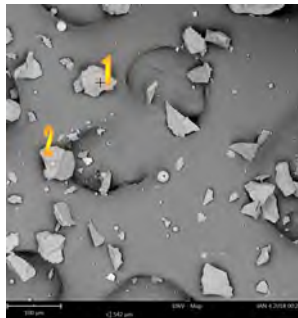
Tabel 4.4 Hasil EDX Serbuk Kulit Kerang, Freizna 2017



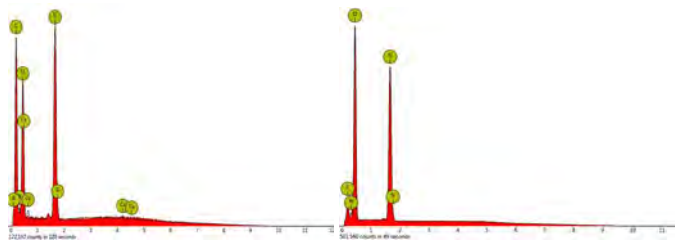
El	AN	Series	unm.	C norm.	C Atom.	C Error
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]
Ca	20	K-series	54.93	96.09	95.08	1.6
P	15	K-series	0.65	1.14	1.45	0.1
Na	11	K-series	0.64	1.11	1.92	0.1
Fe	26	K-series	0.61	1.07	0.76	0.1
S	16	K-series	0.19	0.33	0.41	0.0
Mg	12	K-series	0.05	0.08	0.13	0.0
Al	13	K-series	0.04	0.08	0.12	0.0
Si	14	K-series	0.04	0.07	0.09	0.0
K	19	K-series	0.02	0.03	0.03	0.0
Total:			57.16	100.00	100.00	

Gambar 4.6 SEM Serbuk Kulit Kerang 1200µm, Freizna (2017)

Dalam pengukuran SEM-EDX, untuk setiap sampel dianalisis dengan menggunakan analisis area dan terjadi interaksi interaksi pada sampel yang disinari. Interaksi berupa energi pancaran elektron dalam bentuk sinar X akan dideteksi dan dihitung oleh energy-dispersive spectrometer (EDX) dan akan dihasilkan keluaran berupa grafik puncak–puncak tertentu yang mewakili unsur yang terkandung (Junhao Zhang dkk, 2007) dan hasil analisa sinar-X yang diemisikan oleh material tersebut sebagai respon terhadap tumbukan dari partikel bermuatan. Selanjutnya akan terdeteksi dan diubah kedalam sebuah gambar oleh analisis SEM dan dalam bentuk grafik oleh analisis EDX (Prasetyo, 2011).



Gambar 4.7 SEM Limbah Sandblasting 100µm



Gambar 4.8 SEM-EDX Limbah *Sandblasting* 100µm titik 1

Gambar 4.9 SEM-EDX Limbah *Sandblasting* 100µm titik 2

Pengujian EDX Serbuk Kulit kerang yang dilakukan Freizna,2017 menunjukkan hasil berupa tabel dengan kadar unsur tertinggi berupa Kalsium (Ca) mencapai 54.93% dititik tertentu yang ditinjau.

Pengujian EDX Limbah *Sandblasting* pada grafik mengindikasikan bahwa padatan tersebut memiliki *peak* (puncak) tiap unsur dengan jelas untuk setiap unurnya. Hal ini dikarenakan, padatan Limbah Sandblasting berupa Kristalin yang merupakan partikel penyusun dari suatu material dimana atom-atomnya tersusun secara teratur, sehingga panjang dan sudut ikatan antar atom juga teratur dan memiliki titik lebur dan sifat-sifat kimia yang lainnya dengan sangat jelas. (Callister, 2007) dengan kadar unsur tertinggi yang dimiliki adalah Silika (Si).

4.2.3 Agregrat Kasar

1. Berat Jenis Batu Pecah (ASTM C 127-88

Reapp.01)

Hasil pengujian berat jenis batu pecah pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5 Berat Jenis Batu Pecah (ASTM C 127-88 Reapp.01)

Percobaan	1	2
	gram	gram
Berat kerikil di udara (w1)	3008.2	3002.6
Berat kerikil di air (w2)	1903.1	1872.3
Berat Jenis (gram/cm3) = $w1/(w1-w2)$	2.71	2.656

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan berat jenis batu pecah rata-rata sebesar 2.683 gram/cm³, berat

jenis batu pecah yang disyaratkan ASTM C. 128-88 Reapp 01 sebesar 2.4 hingga 2.7 gram/cm³. Sehingga batu pecah yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

2. Kelembapan Batu Pecah (ASTM C 566-71)

Hasil pengujian Kelembapan batu pecah pada tabel berikut ini.

Tabel 4.6 Kelembapan Batu Pecah (ASTM C 566-71)

Percobaan	1	2
	gram	gram
Berat kerikil kondisi asli (w1)	500	500
Berat kerikil oven (w2)	495.9	496.2
Kembapan Batu Pecah (%) ((w1-w2)/w2)x100%)	0.827	0.766

Sehingga batu pecah yang digunakan telah memenuhi persyaratan. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan rata-rata kelembapan 0.796%.

3. Kadar Air Resapan Batu Pecah (ASTM C 127-88 Reapp 01)

Hasil pengujian Air Resapan batu pecah pada tabel berikut ini.

Tabel 4.7 Kelembaban Batu Pecah (ASTM C 127-88 Reapp 01)

Percobaan	1	2
	gram	gram
Berat kerikil SSD (w1)	3000	3000
Berat kerikil oven (w2)	2957	2953
Kadar Air Resapan (%) $((w1-w2)/w2) \times 100\%$	1.454	1.591

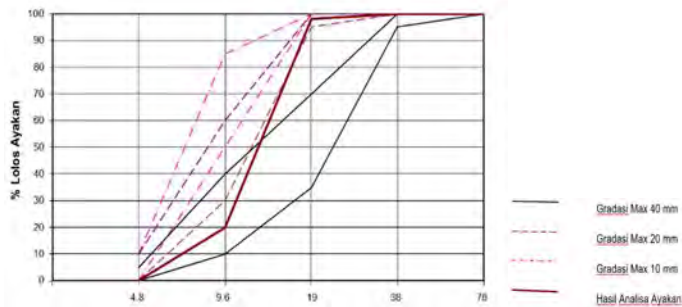
Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan besarnya kadar air resapan rata-rata sebesar 1.522%. Kadar air yang didapatkan memenuhi persyaratan ASTM C-127-88-93 dimana batas air resapan yang diperbolehkan sekitar 1% hingga 2%.

4. Analisa Saringan Batu Pecah (ASTM C 136-95A)

Hasil analisa saringan batu pecah pada tabel berikut.

Tabel 4.8 Analisa Saringan Batu Pecah (ASTM C 136-95A)

Lubang Ayakan			Batu Pecah	
			Tertahan	Kumulatif
No	mm	gram	E %	E%
¾"	19.1	90	1.8	1.8
3/8"	9.5	3915	78.3	80.1
No.4	4.76	995	19.9	100
No.8	2.38	0	0	100
No.16	1.1	0	0	100
No.30	0.59	0	0	100
No.50	0.297	0	0	100
No.100	0.149	0	0	100
Pan		0	0	-
Jumlah		5000	100	681.89
			Fm Kr	6.82



Gambar 4.10 Grafik Gradasi Batu Pecah

Berdasarkan analisa ayakan kerikil yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa gradasi maksimum kerikil 20 mm. sedangkan modulus kehalusannya adalah 6,82 dimana interval modulus kehalusan kerikil adalah 6,5-8 (ASTM-C33)

4.2.3 Agregrat Halus (Pasir)

3. Uji XRF(*X-Ray Fluoroscenes*) Pasir

Pasir yang digunakan berasal dari Jawa Timur dan pengujian XRF dilakukan di PT. Semen Indonesia (Persero), Tbk.

Tabel 4.9 Hasil Uji XRF Pasir

Senyawa	Kandungan (%)
SiO ₂	54,38
CaO	8,03
Fe ₂ O ₃	9,64
Al ₂ O ₃	20,17
MgO	2,94
SO ₃	0,09
Na ₂ O	3,80
K ₂ O	1,14

TiO ₂	0,84
BaO	0,06
P ₂ O ₅	0,17
MnO	0,18
SrO	0,04
Cr ₂ O ₃	0,05
Cl	0,03
ZnO	0,01

Sumber : Analisa Lab.Kimia
PT.Semen Indonesia (Persero), Tbk, 2018

4. Berat Jenis Pasir (ASTM C 1278-01)

Hasil pengujian berat jenis pasir pada tabel berikut ini.

Tabel 4.10 Berat Jenis Pasir (ASTM C 1278-01)

Percobaan	1	2
	gram	gram
Berat labu + Pasir+air (w1)	1579.4	1572
Berat pasir SSD (w2)	502.7	500
Berat labu + air (w3)	1261	1260
Berat Jenis (gram/cm ³) = $w2/(w2+w3-w1)$	2.72	2.66

Berat jenis pasir yang disyaratkan ASTM C-128-78 antara 2.4 sampai 2.7. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan berat jenis rata-rata sebesar 2.685. Sehingga pasir yang digunakan memenuhi persyaratan.

2. Kelembaban Pasir (ASTM C 566-97 Reapp.04)

Hasil pengujian kelembaban pasir pada tabel berikut.

Tabel 4.11 Kelembaban Pasir (ASTM C 566-97 Reapp.04)

Percobaan	1	2
	gram	gram
Berat pasir asli (w1)	500	500
Berat pasir oven (w2)	485.8	488.1
Kembapan Pasir (%) $((w1-w2)/w2) \times 100\%$	2.923	2.44

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan besarnya kelembaban pasir rata-rata sebesar 2.68 %. ASTM C-566-97 menyatakan pasir benar-benar kering apabila kelembaban mencapai angka kurang dari 0.1%. Sehingga dapat disimpulkan pasir yang digunakan belum benar-benar kering.

1. Kadar Air Resapan Pasir (ASTM C 128-01)

Hasil pengujian Air Resapan Pasir pada tabel berikut ini.

Tabel 4.12 Kadar Air Reasapan Pasir (ASTM C 128-01)

Percobaan	1	2
	gram	gram
Berat pasir SSD (w1)	502.7	500
Berat pasir oven (w2)	495.8	492.7
Kadar Air Resapan (%) $((w1-w2)/w2) \times 100\%$	1.39	1.481

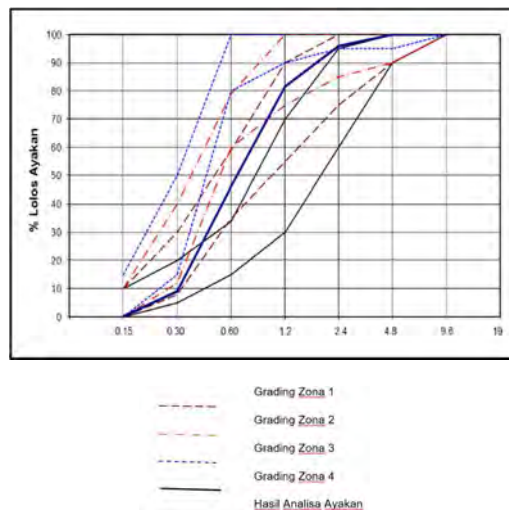
Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan besarnya kadar air resapan rata-rata sebesar 1.44%. Kadar air yang didapatkan memenuhi persyaratan ASTM C-128-01 dimana batas air resapan yang diperbolehkan sekitar 1% hingga 4%.

2. Analisa Saringan Pasir (ASTM C 136-95A)

Hasil analisa saringan pasir pada tabel berikut.

Tabel 4.13 Analisa Saringan Pasir (ASTM C 136-95A)

Lubang Ayakan inc/mm	Pasir 500 Gram			Persen Tembus Kumulatif
	Gram	%	E %	%
4,76	0	0,00	0,00	100
2,38	20	4,02	4,02	95,98
1,19	72,0	14,46	18,47	81,53
0,59	176,0	35,34	53,82	46,18
0,297	185	37,15	90,96	9,04
0,149	4	8,84	99,80	0,20
0	1,0	0,20		
Jumlah	498	100,00	267,07	
	FKr =	2,67		



Gambar 4.11 Analisa Saringan Pasir

Dari hasil analisa ayakan pasir dapat dinyatakan bahwa gradasi agregat pasir berada pada zona 2 (Pasir Agak Kasar). (SK.SNI T-15-1990-03). Sedangkan modulus kehalusan pasir adalah ($FK_r = 2,67$). (FK_r untuk pasir berkisar antara 2,3-4 “ASTM C33”)

4.3 Pengujian Binder Geopolimer

4.3.1 Mix Design Binder Geopolimer

Komposisi binder geopolimer berbahan dasar fly ash dalam penelitian ini terdiri dari fly ash Tipe C, Limbah *Sandblasting*, Serbuk Kulit Kerang, larutan NaOH 10M, Natrium Silikat (Na_2SiO_3). Perbandingan aktifator 1: 1. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pencampuran terpisah binder geopolimer pada *setting time* dan kuat tekan usia 3 hari dengan ukuran benda uji kubus pasta 5cm x 5cm x 5 cm dengan berat campuran sebagai berikut setiap benda uji kubus.

Tabel 4.14 Mix Desain Binder Geopolimer per m³

Kode Binder	<i>Fly Ash</i> (kg)	Limbah <i>Sandblasting</i> (kg)	Serbuk Kulit Kerang (kg)	NaOH (kg)	Na_2SiO_3 (kg)
		70	%	30	%
100%FA	1680	0	0	360	360
50%FA : 50% Snd	840	840	0	360	360
50% FA : 25 %Snd :25% Sk	840	420	420	360	360
50% FA : 0 Snd : 50% Sk	840	0	840	360	360

1. Variasi 1 (*Fly Ash* 100%)

$$\begin{aligned}
 \text{Fly Ash} &= 1680 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{NaOH} &= 360 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Na}_2\text{SiO}_3 &= 360 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

2. Variasi 2 (*Fly Ash* 50% + Limbah *Sandblasting* 50%)

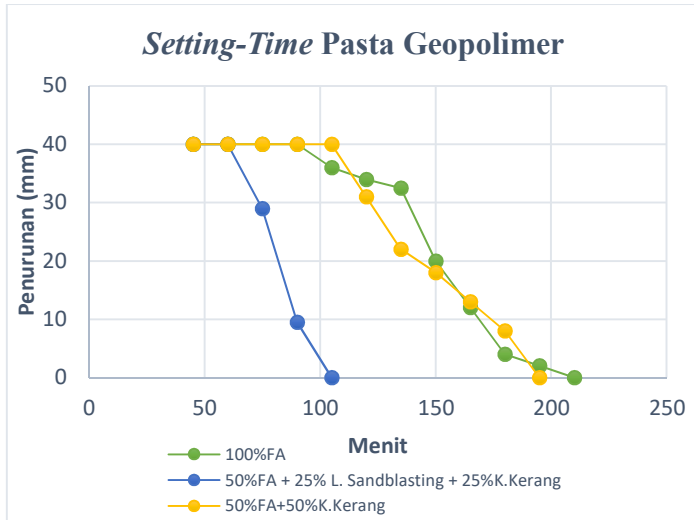
<i>Fly Ash</i>	= 840 kg/m ³
L. <i>Sandblasting</i>	= 840 kg/m ³
NaOH	= 360 kg/m ³
Na ₂ SiO ₃	= 360 kg/m ³
3. Variasi 3 (*Fly Ash* 50% + Limbah *Sandblasting* 25% + Serbuk Kulit Kerang 25%)

<i>Fly Ash</i>	= 840 kg/m ³
Limbah <i>Sandblasting</i>	= 420 kg/m ³
Serbuk Kulit Kerang	= 420 kg/m ³
NaOH	= 360 kg/m ³
Na ₂ SiO ₃	= 360 kg/m ³

4.3.2 Uji *Setting Time*

Uji *setting time* pasta dengan alat vicat dengan metode pencampuran normal tidak bisa dilakukan dikarenakan pengerasan binder terjadi sangat cepat yaitu selama 5 menit.

Uji *setting time* pasta dengan alat vicat metode pencampuran terpisah setiap campuran geopolimer hasilnya sebagai berikut.



Gambar 4.12 Grafik *Setting-Time* Pasta Geopolimer

Komposisi Fly Ash 100% yang memiliki *final setting time* pasta paling panjang yaitu sekitar 210 menit. Campuran 50 % Fly Ash + 50% Serbuk Kulit Kerang selama 195 menit dan pada campuran 50% Fly Ash + 25% Limbah *Sandblasting* + 25% Serbuk Kulit Kerang selama 105 menit. Sedangkan, pada variasi 50% Fly Ash + 50% Limbah *Sandblasting* hingga selama 2 hari binder tidak mengeras dan terjadi pengendapan (tidak bereaksi) sehingga, benda uji variasi tersebut tidak dicantumkan.

4.3.3 Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan binder geopolimer dilakukan pada umur 3 hari.

Tabel 4.15 Kuat Tekan Binder Fly Ash 100% umur 3 hari NaOH/Na₂SiO₃=1

F. Konversi (K->Mpa)		0.83	FA 100%		NaOH = 1 Na ₂ SiO ₃ =1		
Umur Binder	P (Kg)	A (Cm ²)	fc' (Mpa)	Berat (Kg)	Fc' Rata-rata (Mpa)	S. Deviasi (Mpa)	Klasifikasi
3 hari	4700	25	15.604	0.2857			
3 hari	5300	25	17.596	0.2843	16.8213	1.06723	Istimewa
3 hari	5200	25	17.264	0.2912			

Tabel 4.16 Kuat Tekan Binder Fly Ash 100% umur 3 hari NaOH/Na₂SiO₃=0.5

F. Konversi (K>Mpa)		0.83	FA 100%		NaOH = 1 Na ₂ SiO ₃ =2		
Umur Binder	P (Kg)	A (Cm ²)	fc' (Mpa)	Berat (Kg)	Fc' Rata-rata (Mpa)	S. Deviasi (Mpa)	Klasifikasi
3 hari	6500	25	21.58	0.2857			
3 hari	3700	25	12.284	0.2843	17.8173	4.894420224	Kurang
3 hari	5900	25	19.588	0.2912			

Tabel 4.17 Kuat Tekan Binder FA50%+Snd25%+S.Kerang25% umur 3 hari NaOH/Na2SiO3=1

NaOH = 1 F.Konversi (K->Mpa) 0.83 FA 50%:Snd25%:S.Kerang25% Na2SiO3= 1							
Umur Binder	P (Kg)	A (Cm ²)	fc' (Mpa)	Berat (Kg)	Fc' Rata-rata (Mpa)	S. Deviasi (Mpa)	Klasifikasi
3 hari	3900	25	12.948	0.2857	13.7227	1.342	Istimewa
3 hari	3900	25	12.948	0.2843			
3 hari	4600	25	15.272	0.2912			

Tabel 4.18 Kuat Tekan Binder FA50%+Snd50% umur 3 hari NaOH/Na2SiO3=1

NaOH = 1 F.Konversi (K->Mpa) 0.83 FA 50%:Snd50% Na2SiO3= 1							
Umur Binder	P (Kg)	A (Cm ²)	fc' (Mpa)	Berat (Kg)	Fc' Rata-rata (Mpa)	S. Deviasi (Mpa)	Klasifikasi
3 hari	1800	25	5.976	0.2857	5.4227	0.691	Istimewa
3 hari	1400	25	4.648	0.2843			
3 hari	1700	25	5.644	0.2912			

Tabel 4.19 Kuat Tekan Binder FA50%+S. Kerang 50% umur 3 hari NaOH/Na2SiO3=1

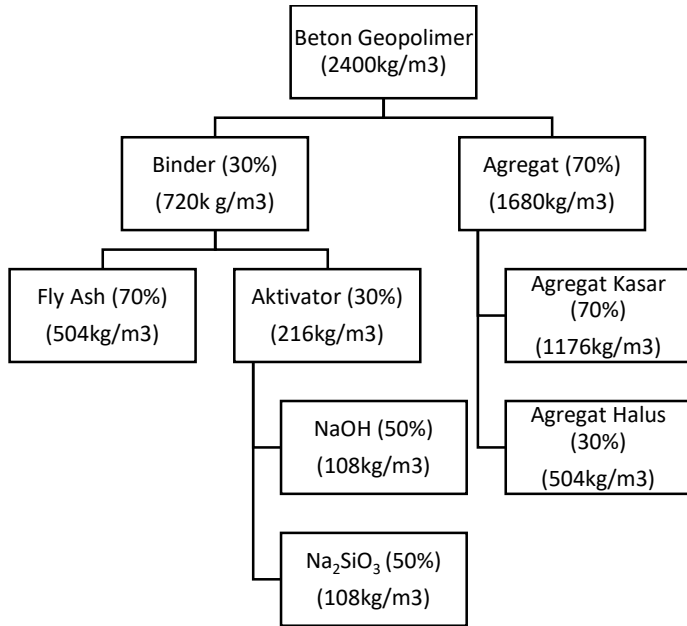
NaOH = 1 F.Konversi (K->Mpa) 0.83 FA 50%:S.Kerang 50% Na2SiO3 = 1							
Umur Binder	P (Kg)	A (Cm ²)	fc' (Mpa)	Berat (Kg)	Fc' Rata-rata (Mpa)	S. Deviasi (Mpa)	Klasifikasi
3 hari	1600	25	5.312	0.2857	8.3000	2.593	Kurang
3 hari	3000	25	9.96	0.2843			
3 hari	2900	25	9.628	0.2912			

Berdasarkan hasil kuat tekan binder geopolimer pada Variasi 100% Fly Ash memiliki kuat tekan rata-rata 16.8 Mpa dengan perbandingan aktifator 1:1 dengan *setting-time* selama 210 menit. Sehingga pada pembuatan beton, digunakan Variasi 1 yaitu *Fly Ash* 100% sebagai pengikatnya.

4.4 Pengujian Beton Geopolimer

4.4.1 Mix Design Beton Geopolimer

Komposisi beton geopolimer berbahan dasar fly ash dalam penelitian ini terdiri dari fly ash Tipe C, larutan NaOH 10M, Natrium Silikat (Na_2SiO_3), perbandingan aktifator 1: 1 dengan Mix Desain Beton berdasarkan perbandingan berat beton yang pernah dilakukan oleh Karim,2017 dan Evrianti,2017. Alat mixing beton menggunakan molen beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan, *Slump Flow*, *setting time* usia 3, 7 dan 28 hari dengan ukuran benda uji silinder 10 cm x 20 cm.



Gambar 4.13 Mix Desain Beton Geopolimer

Komposisi beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Massa Beton} &= \text{Massa Agregat} + \text{Massa Binder} \\
 2400 \text{ Kg/m}^3 &= 70\% + 30\% \\
 &= 1680\text{kg/m}^3 + 720 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa Agregat} &= \text{Massa Agregat Kasar} + \\
 &\quad \text{Massa Agregat Halus} \\
 &= 70\% + 30\% \\
 &= 1176 \text{ kg/m}^3 + 504 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa Binder} &= \text{Massa } Fly\ Ash + \text{Massa Aktifator} \\
 &= 70\% + 30\% \\
 &= 504 \text{ kg/m}^3 + 216 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Massa Aktifator} &= \text{Massa } Fly\ Ash + \text{Massa Aktifator} \\
 &= 50\% + 50\% \\
 &= 108 \text{ kg/m}^3 + 108 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

2.4.2 *Slump Test*

Hasil *Slump Test* yang didapatkan sebesar 21 cm setelah dituang dan didiamkan selama 5 menit.



Gambar 4.14 *Slump Test* pada beton geopolimer



Gambar 4.15 Beton geopolimer setelah dituang

2.4.3 Uji UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*)

Hasil Uji UPV ditampilkan pada data berikut.

Tabel 4.20 Hasil Uji UPV Beton Geopolimer umur 3 hari

Umur Beton	P	A	fc'	Berat	Fc' Rata-rata	V	Keterangan
	(Kg)	(Cm ²)	(Mpa)	(Kg)	(Mpa)	(m/s)	(m/s)
3 hari	7900	78.54	9.87	4.06	10.6169	2930	Meragukan
3 hari	7800	78.54	9.74	4.08		2500	Meragukan
3 hari	9800	78.54	12.24	4.08		2580	Meragukan

Tabel 4.21 Hasil Uji UPV Beton Geopolimer umur 7 hari

Umur Beton	P	A	fc'	Berat	Fc' Rata-rata	V	Keterangan
	(Kg)	(Cm ²)	(Mpa)	(Kg)	(Mpa)	(m/s)	(m/s)
7 hari	18600	78.54	23.23	4.06	22.1914	3170	Sedang
7 hari	18100	78.54	22.61	3.98		3610	Baik
7 hari	16600	78.54	20.73	4.04		3210	Sedang

Tabel 4.22 Hasil Uji UPV Beton Geopolimer umur 28 hari

Umur Beton	P	A	fc'	Berat	Fc' Rata-rata	V	Keterangan
	(Kg)	(Cm ²)	(Mpa)	(Kg)	(Mpa)	(m/s)	(m/s)
28 hari	24700	78.54	30.85	4.02	32.225	4890	Istimewa
28 hari	20400	78.54	25.48	4		3250	Sedang
28 hari	22700	78.54	28.35	3.98		3500	Baik
28 hari	35500	78.54	44.34	4.04		3550	Baik
28 hari	27900	78.54	34.85	4.04		3700	Baik
28 hari	23600	78.54	29.48	4.04		3500	Baik

Kriteria Kecepatan Gelombang Pulsa mengikuti klasifikasi Kualitas Beton (IS 1331101-1992) yang tercantum pada tabel berikut.

Tabel 4.23 Kecepatan Gelombang Pulsa (IS 1331101-1992)

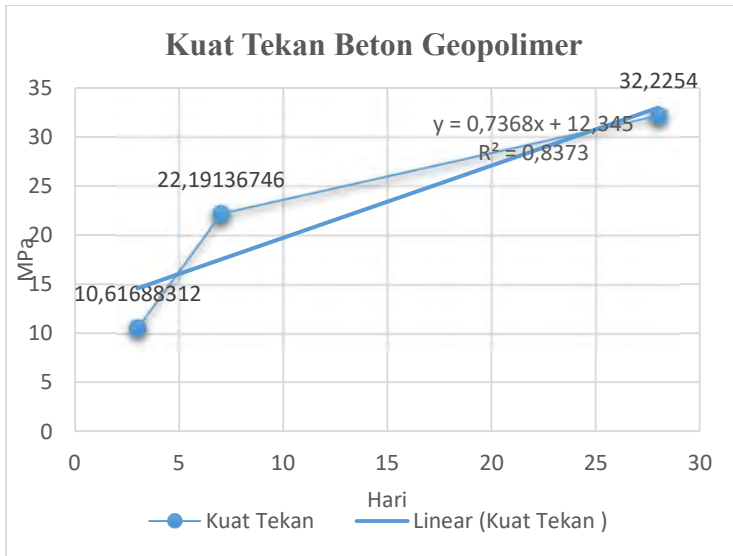
Kecepatan Gelombang Pulsa, V (Km/detik)	Kualitas beton
$4 < V \leq 5$	Istimewa
3,5 - 4,5	Baik
3,0 - 3,5	Sedang
< 3	Meragukan

2.4.4 Kuat Tekan Beton Geopolimer

Hasil Kuat Tekan beton ditampilkan pada data berikut.

Tabel 4.24 Kuat Tekan Beton Geopolimer Umur 3 hari

NaOH = 1 Gravitasi = 9.81 m/s ² Na ₂ SiO ₃ = 1							
Umur Beton	P	A	fc'	Berat	Fc' Rata-rata	S. Deviasi	Klasifikasi
	(Kg)	(Cm ²)	(Mpa)	(Kg)	(Mpa)	(Mpa)	
3 hari	7900	78.54	9.867	4.06	10.617	1.407	Baik
3 hari	7800	78.54	9.742	4.08			
3 hari	9800	78.54	12.241	4.08			



Gambar 4.18 Grafik Kuat Tekan Beton Geopolimer

Hasil kuat tekan beton geopolimer rata-rata umur 3 hari adalah 10,6 Mpa dengan Standart Deviasi 1,4 dan tergolong klasifikasi Standar Deviasi Istimewa menurut SNI 03-6815-2002. Pada umur 7 hari, rata-rata kuat tekan beton didapatkan sebesar 22.219 Mpa dengan klasifikasi Istimewa. Kuat tekan umur 28 hari memiliki rata-rata kuat tekan sebesar 32.23 MPa dengan klasifikasi Standar Deviasi Kurang. Klasifikasi Standar Deviasi kualitas beton menurut SNI 03-6815-2002 dengan kelas laboratorium dapat dilihat ditabel berikut.

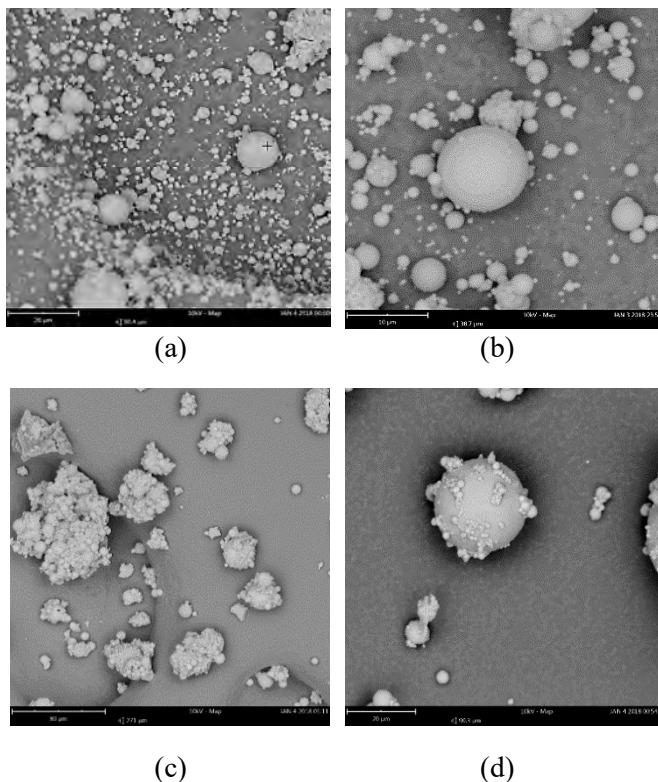
Tabel 4.27 Klasifikasi Standar Deviasi menurut SNI 03-6815-2002

Klasifikasi Standar Deviasi menurut SNI 6753:2015 2002				
Standar Deviasi (Mpa)		Kovarian (100%)		Kontrol Kualitas
Kelas				
Lapangan	Laboratorium	Lapangan	Laboratorium	
< 2.8	< 1.4	< 9.3	< 4.67	Istimewa
2.8 - 3.5	1.4 - 1.7	9.33 - 11.67	4.67 - 5.67	Sangat Baik
3.5 - 4.2	1.7 - 2.1	11.67 - 14.00	5.67 - 7.00	Baik
4.2 - 4.9	2.1 - 2.4	14.00 - 16.33	7.00 - 8.00	Cukup
> 4.9	> 2.4	> 16.33	> 8.00	Kurang

4.5 Analisa Geopolimer

Permukaan *Fly Ash*, sebelum dan sesudah direaksikan dengan larutan NaOH 10M telah diujikan dengan uji SEM. Hasil menunjukkan bahwa permukaan *fly ash* sebelum direaksikan dengan larutan NaOH 10M relatif halus. Sedangkan ketika *Fly Ash* direaksikan dengan larutan NaOH 10M, terjadi penebalan dan terbentuk padatan kasar pada permukaan *Fly Ash*.

Sesuai dengan penelitian sebelumnya, Rattanasak (2009) permukaan kasar yang terjadi setelah direaksikannya *Fly Ash* dengan larutan NaOH dengan molar diatas 5 M terjadi pembentukan gabungan unit bola kecil *gel* dan pembentukan massa *gel* yang lebih besar dan pembentukan gel ini sangat berpengaruh pada kekuatan geopolimer semakin tinggi molaritas NaOH semakin kuat geopolimer tersebut.



Gambar 4.19 (a) (b) SEM *Fly Ash* (c) (d) SEM *Fly Ash* + NaOH 10 M, 2018

Sehingga kereaktifan material dan metode pencampuran perlu sangat diperhatikan untuk memastikan aktifator tercampur merata terutama pembentukan *gel* secara merata dan *solid* pada *fly ash* bila menggunakan molen beton agar tidak terjadi ketimpangan hasil kuat tekan yang signifikan. Hal ini dibuktikan dengan hasil kuat tekan di sub-bab sebelumnya, umur beton geopolimer 28 hari memiliki kuat tekan terendah 25,48 Mpa dan tertinggi 44,34 Mpa dengan

Standar Deviasi 7.99 dan Klasifikasi Standar Deviasi menurut SNI 03-6815-2002 tergolong kurang.



Gambar 4.20 Beton Geopolimer Setelah Dituang

Faktor lain, ketika beton geopolimer dituang, kondisi beton cair tetapi pekat dan memiliki slump yang tinggi sehingga ketika beton dicetak kedalam cetakan, komposisi pasta dan agregat tidak merata dan mempengaruhi standar deviasi kuat tekan beton. Sehingga, perlu ditinjau ulang komposisi perbandingan material dan faktor air didalam campuran beton geopolimer. Dimana komposisi air didapatkan dari :

1. Kadar H_2O didalam Larutan 10M NaOH
2. Kadar H_2O dalam Na_2SiO_3
 H_2O 13,49% , SiO_2 56,38%, Na_2O 30,13%

Komposisi beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Massa Pasta} &= \text{Massa Fly Ash} + \text{Massa Aktifator} \\ &= 70\% + 30\% \\ &= 504 \text{ kg/m}^3 + 216 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa Aktifator} &= \text{Massa Larutan NaOH} + \text{Massa Na}_2\text{SiO}_3 \\
 &= 50\% + 50\% \\
 &= 108 \text{ kg/m}^3 + 108 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 10 \text{ M NaOH} &= 1 \text{ kg H}_2\text{O} + 0.4 \text{ kg NaOH serbuk} \\
 \text{H}_2\text{O} &= 1/1.4 \times 108 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{H}_2\text{O} &= 77.14 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

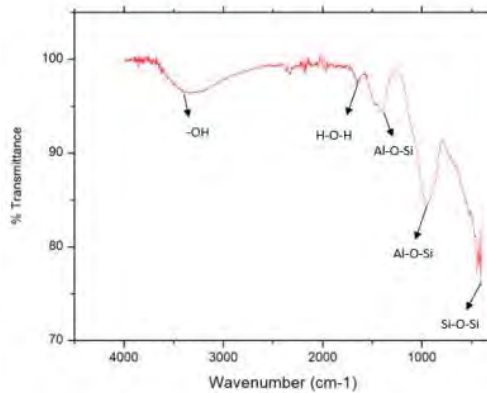
$$\begin{aligned}
 \text{Na}_2\text{SiO}_3 (\text{H}_2\text{O } 13,49\% , \text{SiO}_2 56.38\%, \text{Na}_2\text{O } 30,13\%) \\
 \text{H}_2\text{O} &= 13,49\% \times 108 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{H}_2\text{O} &= 14.57 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Air dalam pasta} &= 77.14 \text{ kg/m}^3 + 14.57 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 91.71 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa Padatan} &= \text{Massa SiO}_2 + \text{Massa Na}_2\text{O} + \text{Massa Fly Ash} \\
 &= ((56,38\% + 30,13\%) \times 108 \text{ kg/m}^3) + 504 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 93,43 \text{ kg/m}^3 + 504 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 597,43 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Faktor Air} = \frac{91.7 \text{ kg/m}^3}{597,43 \text{ kg/m}^3} = 0.153$$

Sehingga diperlukan komposisi yang lebih optimum lagi untuk memperpanjang *setting-time*, mempertahankan kuat tekan beton dan kondisi beton segar setelah tuang mendekati beton normal.



Gambar 4.21 Hasil Uji FTIR Beton Geopolimer Umur 28 Hari

Memastikan dengan metode pencampuran ini terjadi polimerisasi dengan baik dilakukan uji FTIR (*Fourier-Transform Infrared. Spectroscopy*) Grafik diatas menunjukkan hasil uji FTIR dari spesimen dengan komposisi *Fly Ash*, NaOH dan Na_2SiO_3 . Pengujian FTIR dilakukan di Laboratorium karakterisasi Material Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS. Sampel yang digunakan dalam bentuk serbuk dari beton geopolimer umur 28 hari.

Pada grafik tersebut, hasil Uji FTIR didapatkan 5 peak yaitu pada 3360 cm^{-1} , 1653 cm^{-1} , 1399 cm^{-1} , 952 cm^{-1} dan 412 cm^{-1} . Ikatan OH pada 3360 cm^{-1} adalah peak dari NaOH (Alrozi, 2012). Terdapat juga ikatan H-O-H pada puncak gelombang 1653 cm^{-1} yang merupakan *peak* dari *Fly Ash* (Abdullah, 2012). Ikatan Al-O-Si pada 1399 cm^{-1} yang merupakan *peak* dari *Fly Ash* (Guo, 2009). Selain itu juga terdapat ikatan Al-O-Si pada puncak gelombang 951 cm^{-1} yang merupakan *peak* dari *Fly Ash* (Rahim, 2014) dan ikatan Si-O-Si pada puncak gelombang 412 cm^{-1} yang merupakan peak dari Na_2SiO_3 (Trivana, 2015).

Tabel 4.28 Daerah Serapan *Fly Ash*, NaOH dan Na₂SiO₃

<i>Wavenumber</i> (cm ⁻¹)	Ikatan	<i>Peak</i> dari
412	Si-O-Si	Na ₂ SiO ₃
952	Al-O-Si	<i>Fly Ash</i>
1399	Al-O-Si	<i>Fly Ash</i>
1653	H-O-H	<i>Fly Ash</i>
3360	-OH	NaOH

Berdasarkan *peak-peak* yang ada dari hasil uji FTIR menunjukkan bahwa bahan-bahan yang digunakan sudah tepat dan bereaksi dengan baik antara *Fly Ash*, NaOH dan Na₂SiO₃.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

1. Urutan Metode Pencampuran Alkali Aktifator ini dapat memperpanjang *setting-time* pada binder maupun beton geopolimer yang berbahan dasar *Fly Ash* Tipe C dan tetap mempertahankan kuat tekan beton dengan nilai UPV yang cukup baik.
2. Pembuatan binder geopolimer merupakan *trial* awal untuk mendapatkan pasta yang memiliki waktu ikat dan kuat tekan yang optimum sehingga dapat dilanjutkan pada pembuatan beton geopolimer.
3. *Setting-Time* pada *normal mixing* binder geopolimer selama 5 menit dengan urutan ;
 1. NaOH 10 M + Na₂SiO₃ direaksikan terlebih dahulu.
 2. Tambahkan larutan aktifator kedalam mixer yang berisi *Fly Ash* Tipe C kemudian di aduk rata.

Dikarenakan waktu ikat dengan metode ini sangat cepat, sehingga tidak dilanjutkan dalam pembuatan beton dikarenakan ketika mixing belum selesai, beton sudah mengeras. Metode pencampuran Alkali-Aktifator secara terpisah, mencapai 210 menit diuji dengan alat vicat dengan cara;

1. Masukkan dalam *mixer Fly Ash* Tipe C + larutan NaOH 10 M aduk selama 10 menit
2. Tambahkan Na₂SiO₃ aduk selama 1 menit.
3. Uji Vicat.

4. Dari hasil *trial*, didapatkan Pencampuran beton geopolimer menggunakan *gravity* molen beton dengan urutan ;
 1. Masukkan kerikil kedalam molen beton.
 2. Tambahkan $\frac{1}{4}$ dosis NaOH.
 3. Masukkan pasir.
 4. Tambahkan $\frac{1}{4}$ dosis NaOH.
 5. Masukkan *Fly Ash* Tipe C secara perlahan agar tidak menggumpal.
 6. Tuangkan sisa NaOH, aduk selama 5 menit.
 7. Tambahkan Na_2SiO_3 aduk selama 3 menit
 8. Tuang.
5. Kuat Tekan Binder geopolimer mencapai 17,596 Mpa pada umur 3 hari dan minimal 15,604 Mpa dengan rata-rata kuat tekan 16,823 Mpa komposisi 100% *Fly Ash* dengan perbandingan aktifator 1:1 (10M NaOH/ Na_2SiO_3)
6. Kuat Tekan beton geopolimer mencapai 44,34 Mpa dan minimal 25,48 Mpa dengan rata-rata 32.23 Mpa pada umur 28 hari komposisi 100% *Fly Ash* perbandingan activator 1:1 (10M NaOH/ Na_2SiO_3).
7. Penggunaan material substitusi *Fly Ash* untuk memperpanjang *setting-time* dan mempertahankan kuat tekan binder tidak sebaik penggunaan *fly ash* 100% dibuktikan dengan ;
 1. 100% *Fly Ash*, *Setting-time* 210 menit dan Kuat Tekan rata-rata mencapai 16,823 Mpa umur 3 hari
 2. 50% *Fly Ash* + 50% Serbuk Kulit Kerang, *Setting-Time* 105 Mpa dan Kuat Tekan rata-rata 8,3 Mpa umur 3 hari.

3. 50% Fly Ash + 25% Serbuk Kulit Kerang+ 25% Limbah *Sandblasting*, *Setting-Time* 195 menit dan kuat tekan rata-rata 13,73 Mpa umur 3 hari.
4. 50% Fly Ash + 50% Limbah *Sandblasting* sampai hari kedua tidak mengeras.
8. Telah dilakukan pengujian ikatan –ikatan kimia yang terjadi dengan uji FTIR (*Fourier-Transform Infrared. Spectroscopy*) dan ikatan kimia yang dihasilkan sudah sesuai dan bereaksi dengan baik.

5.2 Saran

1. Perlu peninjauan ulang untuk mixing beton skala besar.
2. Perlu peninjauan ulang untuk faktor air geopolimer dan perbandingan komposisi material lainnya agar kondisi beton segar mendekati beton normal, waktu ikat lebih panjang dan mempertahankan kuat tekan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M. M. A., H. Kamarudin, M. Bnhussain, I. Khairul Nizar, A.R. Rafiza, Y. Zarina. 2011. *The Relationship of NaOH Molarity, Na₂SiO₃/NaOH Ratio, Fly Ash/Alkaline Activator Ratio, and Curing Temperature to the Strength of Fly Ash-Based Geopolymer*. Volume 328-330 : 1475-1482.

Abdullah, Mohd M A B, dkk. 2012. Fly Ash-based Geopolymer Lightweight Concrete Using Foaming Agent. Malaysia: UniMAP

Alrozi, R, dkk. 2012. Removal of methylene blue from aqueous solution by adsorption onto NaOH-treated rambutan peel. Malaysia: Universitas Teknologi MARA.

Antoni dan Nugraha, P. (2007). *Teknologi Beton*, C. V Andi Offset, Yogyakarta.

ASTM C 29/C 29M-97 (Reapproved 2003), Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate, United Stated.

ASTM C 33-03 (2003), Standard Specification for Concrete Aggregates, United Stated.

ASTM C 39 / C 39M-03 (2003), Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, United Stated.

ASTM C 40-04 (2004), Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete, United Stated.

ASTM C 117-03 (2003), Standard Test Method for Material Finer than 75 μ m (No.200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing, United Stated.

ASTM C 127-88 (Reapproved 2001), Standard Test Method for Density Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate, United Stated.

ASTM C 128-01 (2001), Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate, United Stated.

ASTM C 131-03, Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small- Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine, United Stated.

ASTM C 136-01, Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates, United Stated.

ASTM C 143 / C 143M-03, Standard Test Method for Slump of Hydraulic- Cement Concrete, United Stated.

ASTM C 191-04 (2004), Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle, United Stated.

ASTM C 566-97 (Reapproved 2004), Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying, United Stated.

Al-Zuhairi, A.H.A dan Al-Fatlawi, W.D.S. (2013), Numerical Prediction of Bond- Slip Behavior in Simple Pull-Out Concrete Specimen, Journal of Engineering, Vol: 19(1)

Bakrie, A.M., Kamarudin, H., Bnhussain, M., Nizar, K., Rafiza, A.R., Zarina, Y. (2011), “The Processing, Characterization, and Properties of Fly Ash Based Geopolymer Concrete”, 90-97.

Crouch, L.K, Ryan Hewitt, Ben Byard. 2007. *High Volume Fly Ash Concrete*. World of Coal Ash.

Davidovits, J. (2008), *Geopolymer Chemistry and Applications*, 2nd edition, Geopolymer Institut, France.

Davidovits, J. (1999), *Geopolymer Chemistry and Applications*, Saint-Quentin: Geopolymer Institut.

Davidovits, J. (1998), *Geopolymer Chemistry and Properties*, 1st European Conference on Soft Mineralurgy, Comiegne, France. Pp. 25-48.

Davidovits, Joseph (2011), “*Geopolymer Chemistry and Application 3rd edition*”, France : Institut Geopolymer.

Ekaputri, J.J., & Triwulan. 2013. *Sodium Sebagai Aktivator Fly Ash, Trass dan Lumpur Sidoarjo dalam Beton Geopolimer*. Jurnal Teknik Sipil, 20, 4-5.

Freizna, S. R. (2017). *Pengaruh Penggunaan Limbah Cangkang Kerang dan Fly Ash Pada Binder Geopolimer*. Diploma Thesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Gourley, J. T., and Johnson, G. B. (2005). “Development and Properties of Low-Calcium Fly Ash-based Geopolymer Concrete, Research Report GCI, Faculty of Engineering, Curtin University of Technology, Perth.

Guo, Xiaolu, et.all. 2009. Compressive strength and microstructural characteristics of class C Fly ash geopolymer. China: Tongji University

Gum Sung Ryu, Young Bok Lee, Kyung Taek Koh, Young Soo Chung, “The mechanical properties of fly ash-based geopolymer concrete with alkaline activators” ,Vol. 47, pp. 409-418, 2013.

Hamidian. M., Shariati. A., M. Khanouki. A. M., Sinaei. H., Toghuoi. A., & Nouri. K. (2012). *Application of Schmidt Rebound Hammer and Ultrasonic Pulse Velocity Techniques for Structural Health Monitoring*. Scientific Research and Essays Vol. 7(21), h : 1997-2001, 7 Juni, 2012.

Ilham Kurniawan, Darda Abdurahman F., Ahmad Fajarudin AF, Yani Handayani and Ridho Bayu Aji, “Efek Kombinasi Dari Sugar Cane Bagasse Ash Dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolymer”, in Seminar Nasional Civil days Universitas Negeri Malang, Malang, 2015.

Jo, Minju, Linoshka Soto, Marleisa Arocho, Juliana St John, Sangchul Hwang. 2015. *Optimum mix design of fly ash geopolymer paste and its use in pervious concrete for removal of fecal coliforms and phosphorus in water. Construction and Building Materials*.

K. Turner, Louise , Frank G. Collins. 2013. *Carbon dioxide equivalent (CO₂-e) emissions: A comparison between geopolymer and OPC cement concrete*. Volume 43 : 125-130

Nguyen Van Chanh, Bui Dang Trung, Dang Van Tuan (2008) “Recent Research Geopolymer Concrete”, The 3rd ACF International Conference– ACF/VCA.

Peraturan Pemerintah No. 85. (1998). Perubahan Atas Peraturan Pemerintah No. 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun.

Rahim, Abdul R H, dkk. 2014. Effect of Sodium Hydroxide Concentration on the Mechanical Property of Non Sodium Silicate Fly Ash Based Geopolymer. Malaysia: UTP.

Rangan, B.V. (2008), Low Calcium Fly Ash Based Geopolymer Concrete, 2nd edition, In: Nawy EG, Concrete Construction Engineering Handbook, Boca Raton: CRC Press

Rangan, B.V. (2010), “Fly Ash-Based Geopolymer Concrete”, Proceedings of the International Workshop on Geopolymer Cement and Concrete, Mumbai, India, pp 68-106.

Rattanasak, Ubolluk, dkk. 2009. Influence of NaOH Solution on the synthesis of fly ash geopolymer. Thailand : Burpha University.

Risdanareni, P., Triwulan, & Ekaputri, J. J. (2014). Pengaruh Molaritas Aktifator Alkalin Terhadap Kuat Tekan Mekanik Beton Geopolimer dengan Tras Sebagai Pengisi. *Inovasi Struktur dalam Menunjang Konektivitas Pulau di Indonesia, Seminar Nasional X*, ppp. 847-856. Surabaya.

Siregar, S. M. (2009). Pemanfaatan Kulit Kerang dan Resin Epoksi Terhadap Karakteristik Beton Polimer. Tesis, Universitas Sumatera Utara, Sekolah Pascasarjana Megister Ilmu Fisika, Medan.

Takeuchi, Yashito. 2006, Buku Teks Pengantar Kimia, Iwanami Shoten Publisher, Tokyo.

Thomas, Michael. 2007. *Optimizing the Use of Fly Ash in Concrete*. Concrete 1 –24

Triyanti, Aprilia Rizki. (2017). Studi Pemanfaatan Fly Ash dan Limbah Sandblasting (*Silica Fume*) pada Binder Geopolimer. Diploma thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Trivana, Linda, dkk. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Natrium Silikat (Na_2SiO_3) dari Sekam Padi. Bogor: Jurusan Kimia, FMIPA, IPB

William D. Callister, Jr. 2012. *Material Science and Engineering*. John Wiley and Sons Inc. New York, US.

BIODATA PENULIS



Qoyyum Rachmalia, penulis dilahirkan di Surabaya, 20 Juli 1996 merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Kebraon 1 Surabaya (2002-2008), SMPN 16 Surabaya (2008-2011), SMAN 1 Surabaya (2011-2014). Penulis melanjutkan pendidikan Sarjana di Jurusan D4 Teknik Sipil ITS Surabaya angkatan 2014 dan terdaftar dengan

NRP 3114041048. Berbagai kegiatan telah diikuti penulis yaitu Kepanitiaan RDK 36 JMMI ITS Surabaya (2014), Syiar JMAA ITS Surabaya (2014-2015), Panitia Seminar Nasional Aplikasi Sarana dan Prasarana Wilayah ITS Surabaya (2015). Penulis pernah menjadi *Finalist Smart Innovation of Writing Engineering Physics Week ITS 2016 Surabaya* juga *paper* terpilih pada kompetisi Civil Engineering CENS UI Se-Asia Tenggara Australia (2016) dan *Semi-Finalist Smart Innovation of Writing Engineering Physics Week ITS 2017*.



Bagi penulis adalah sesuatu yang sangat disyukuri terlibat didalam dunia Teknik Sipil yang merupakan ilmu yang sangat luas dan mencakup banyak bidang keilmuan yang benar-benar sesuai dengan minat dan bakat yang semuanya merupakan Rahmat dari Allah SWT. Semoga apa yang penulis tempuh sampai saat ini, mudah-mudahan dapat bermanfaat dunia dan akhirat. Aamiin...


rachmaliaqoyyum@gmail.com

qoyyum.rachmalia14@mhs.ce.its.ac.id

LAMPIRAN



LOG BOOK PENELITIAN TUGAS AKHIR

TANGGAL	KEGIATAN	TEMPAT	WAKTU	KENDALA DAN SOLUSI	DOKUMENTASI
Kamis, 02-Nov-17	Survey dan Pengambilan Material Limbah Sandblasting, Steel Grit, Silica Fume	PT. Swadaya Graha (Sub PT Semen Indonesia), Gresik	10.00 - 15.00	<p>Kendala :</p> <p>Adanya larangan dari dinas lingkungan hidup untuk membawa limbah B3 selain ditujukan untuk Unit Pengelolaan Limbah</p> <p>Adanya unit kepolisian di jalan yang menginvestigasi setiap bawaan dari pabrik-pabrik</p>	 




TANGGAL	KEGIATAN	TEMPAT	WAKTU	KENDALA DAN SOLUSI	DOKUMENTASI
Kamis, 02-Nov-17	Survey dan Pengambilan Material Limbah Sandblasting, Steel Grit, Silica Fume	PT. Swadaya Graha (Sub PT Semen Indonesia), Gresik	10.00 - 15.00	Solusi : Pembuatan Surat Pengantar dari perusahaan untuk dapat membawa Pembawaan Material tidak Mencolok	
Sabtu, 04-Nov-17	Survey abu sekam padi pabrik beras	Pabrik Beras Sidoarjo	10.00-14.00	Kendala : Solusi :	
Senin, 06-Nov-17	Pengadaan Abu sekam padi	Kampus ITS Manyar	13.00-14.00	Kendala : Solusi : Cari tempat Furnace bisa skala besar	




TANGGAL	KEGIATAN	TEMPAT	WAKTU	KENDALA DAN SOLUSI	DOKUMENTASI
Jum'at, 10-Nov-17	<p>Survey Furnace di Lab Metalurgi Teknik Material Metalurgi</p> <p>Survey Furnace di Lab Kimia Jurusan Kimia</p> <p>Survey Furnace di jurusan Teknik Mesin</p>	Kampus ITS Sukolilo	13.00-17.00	<p>Kendala : Perlu ada surat pengantar dari kaprodi</p> <p>Solusi : Buat surat ijin ttd Kaprodi</p>	


TANGGAL	KEGIATAN	TEMPAT	WAKTU	KENDALA DAN SOLUSI	DOKUMENTASI
Senin, 12-Nov-17	<p>Survey Furnace di Lab Metalurgi Teknik Material Metalurgi</p> <p>Survey Furnace di Lab Kimia Jurusan Kimia</p> <p>Survey Furnace di jurusan Teknik Mesin</p>	Kampus ITS Sukolilo	13.00-17.00	<p>Kendala : Semua tidak bisa menangani furnace material organik'</p> <p>Solusi : Bisa furnace di Lab Mamet tetapi berupa tungku. Pengaturan suhu dengan pipa gas</p>	


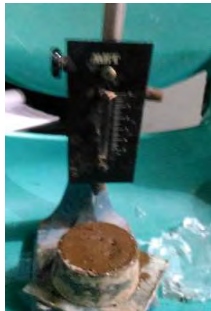
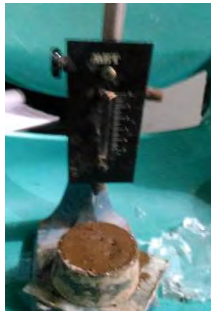
TANGGAL	KEGIATAN	TEMPAT	WAKTU	KENDALA DAN SOLUSI	DOKUMENTASI
Kamis, 16-Nov-17	Trial Fly Ash 50:50 Sandblasting Fly Ash : Aktivator (50:50) Akt= $\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{NaOH}$ (1:1) Separate Mixing	Lab Baja dan lab Material Kampus ITS	19.00-21.00	Kendala : Pasta Sangat Encer Solusi : Pasta di coba ke Alat Vicat	
Jum'at, 17-Nov-17	Lepas Benda Uji dari alat Vicat Campuran = Fly Ash 50 : 50 Sndblasting Perbandingan Aktivator = 1.00	Lab Baja dan lab Material Kampus ITS	15.00-16.00	Kendala : Benda Uji mengendap Bawah = Sndblasting Tengah = Fly Ash Atas = NaOH Solusi : Coba dari Fly Ash 100% Komposisi perbandingan Aktivator dikurangi	



TANGGAL	KEGIATAN	TEMPAT	WAKTU	KENDALA DAN SOLUSI	DOKUMENTASI
Jum'at, 17-Nov-17	<p>Trial 1 Fly Ash 100% Fly Ash : Aktivator (50:50) Akt= $\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{NaOH}$ (1:1) Separate Mixing</p> <p>Trial 2 Fly Ash 100% Fly Ash : Aktivator (60:40) Akt= $\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{NaOH}$ (1:1) Separate Mixing</p> <p>Trial 3 Fly Ash 100% Fly Ash : Aktivator (70:30) Akt= $\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{NaOH}$ (1:1) Normal Mixing</p> <p>Separate Mixing = Fly Ash + NaOH = 10 menit Tambah Na_2SiO_3 = 1 menit</p> <p>Normal Mixing = Direaksikan NaOH+Na_2SiO_3 aduk jadi 1) Aktivator + Fly Ash = Aduk rata</p>	Lab Baja dan lab Material Kampus ITS	16.00-21.30	<p>Kendala :</p> <p>Trial 1 Keenceran, tidak bereaksi (jenuh)</p> <p>Trial 2 Keenceran, tidak bereaksi (jenuh)</p> <p>Trial 3 Setting Sangat Cepat 5 menit</p> <p>Solusi : Coba perbandingan Fly Ash: Aktv(70:30) Separate Mixing</p>	  



TANGGAL	KEGIATAN	TEMPAT	WAKTU	KENDALA DAN SOLUSI	DOKUMENTASI
Minggu, 19-Nov-17	<p>Pembuatan benda uji binder 100% fly Ash umur 3 hari</p> <p>Perbandingan Campuran: Aktivator (70:30)</p> <p>Uji Setting time binder</p> <p>Metode Pencampuran terpisah (Separate Mixing):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fly Ash + NaOH 2. Aduk ratakan selama 10 menit <p>sampai gumpalan-gumpalan fly ash memasir agar yang tergumpal didalam dapat bereaksi dengan Na_2SiO_3</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Campurkan NaSiO_3, aduk sampai rata selama 3 menit. 4. Masukkan kedalam Mold kubus 	Lab Baja Kampus ITS Manyar	12.00-16.00	<p>Kendala :</p> <p>Alat vicat dan Mixer di lab material (tutup)</p> <p>Setelah Fly Ash dicampur NaOH menggumpal, tidak rata.</p> <p>Solusi :</p> <p>Uji setting time dengan visual.</p> <p>Trial pengadukan secara manual.</p> <p>Aduk, ratakan Fly ash sampai memasir</p>	  



TANGGAL	KEGIATAN	TEMPAT	WAKTU	KENDALA DAN SOLUSI	DOKUMENTASI
Senin, 20-Nov-17	Pembelian Aktivator Na_2SiO_3 dan NaOH	Toko Kimia Ngagel	15.00-16.00	Kendala : - Solusi :	
Selasa, 21-Nov-17	<p>Timbang material semua variasi campuran untuk pembuatan masing-masing variasi 3 binder</p> <p>Lepas Mold Binder umur 3 hari 100% Fly Ash</p> <p>Pembuatan benda uji binder umur 3 hari 100% Fly Ash, 3 benda uji. dengan metode pencampuran terpisah (Separate Mixing) perbandingan Campuran: Aktivator (70:30)</p>	Lab Baja dan lab Material Kampus ITS Manyar	14.00-19.00	Kendala : - Solusi :	 


TANGGAL	KEGIATAN	TEMPAT	WAKTU	KENDALA DAN SOLUSI	DOKUMENTASI
Rabu, 22-Nov-17	Uji Kuat Tekan binder umur 3 hari Fly Ash 100% 3 benda uji pembuatan 19 Nov 2017 Uji UPV	Lab Material ITS Manyar	16.00-17.00	Kendala : Kabel alat uji UPV hilang Alat Uji Kuat Tekan Rusak Solusi : Menunggu Pengadaan Kabel UPV oleh Lab Menunggu Perbaikan Alat Uji Tekan	
Jum'at, 24-Nov-17	Uji Kuat Tekan binder umur 3 hari Fly Ash 100% 3 benda uji pembuatan 21 Nov 2017 Uji UPV	Lab Material ITS Manyar	16.00-17.00	Kendala : Kabel alat uji UPV hilang Solusi : Menunggu Pengadaan Kabel UPV oleh Lab Buat kembali benda uji binder	


TANGGAL	KEGIATAN	TEMPAT	WAKTU	KENDALA DAN SOLUSI	DOKUMENTASI
Sabtu, 25-Nov-17	<p>Pembuatan benda uji 3 variasi umur 3 hari @3 benda uji perbandingan 70:30 (Campuran : Aktivator)</p> <p>Uji setting-time alat vicat</p> <p>1. Fly Ash : Sndblsting : Serbur K.Kerang (50:25:25) 2. Fly Ash : Sndblasting (50:50) 3. Fly Ash : Serbuk K.Kerang (50:50) 4. Fly Ash 100% $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}=2$</p>	Lab Baja dan lab Material Kampus ITS Manyar	11.00-21.00	<p>Kendala : Belum uji setting time vicat komposisi 2 Alat Vicat hanya satu Workability komp 4 berat. Setting 45 menit</p> <p>Solusi : Uji setting time menyusul</p> <p>Settime : 105 menit lebih dari 300 menit 150 menit</p>	 
Senin, 27-Nov-17	Asistensi hasil binder umur 3 hari komposisi 100% Fly Ash	Lab Baja dan lab Material Kampus ITS Manyar	12.00-15.00	<p>Kendala : -</p> <p>Solusi :</p>	

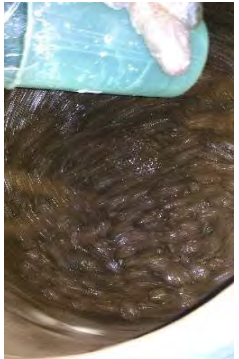

TANGGAL	KEGIATAN	TEMPAT	WAKTU	KENDALA DAN SOLUSI	DOKUMENTASI
Selasa, 28-Nov-17	<p>Lepas Binder umur 3 hari @3benda uji dari Mold Variasi :</p> <p>1. Fly Ash : Sndblsting : Serbur K.Kerang (50:25:25)</p> <p>2. Fly Ash : Sndblasting (50:50)</p> <p>3. Fly Ash : Serbuk K.Kerang (50:50)</p> <p>Uji UPV Uji Kuat Tekan</p>	Lab Baja dan lab Material Kampus ITS Manyar	15.00-17.00	<p>Kendala : Uji UPV batal (Kabel hilang)</p> <p>Solusi : Menunggu pengadaan teknisi Lab.</p>	 
Rabu, 29-Nov-17	<p>Pembuatan Larutan NaOH 10M</p> <p>Pembelian Aktivator Na₂SiO₃ dan NaOH</p>	<p>Lab Baja Kampus ITS Manyar</p> <p>Toko Kimia Ngagel</p>	<p>15.00-16.00</p> <p>15.00-17.30</p>	<p>Kendala : -</p> <p>Solusi : -</p>	

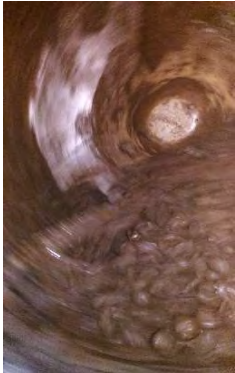
TANGGAL	KEGIATAN	TEMPAT	WAKTU	KENDALA DAN SOLUSI	DOKUMENTASI
Kamis, 30-Nov-17	Pembelian Material Kerikil dan pasir	Toko Galangan Manyar	15.00-16.00	Kendala : Kerikil dan pasir, Basah (Hujan) Kerikil kotor, banyak lumpur Solusi : Kerikil dan pasir dioven sampai SSD	 
	Cor Beton Geopolimer (Molen) : 1. Fly Ash + NaOH aduk selama 10 menit 2. Campurkan Kerikil aduk 3 menit 3. Campurkan Pasir aduk 2 menit 4. Campurkan Na_2SiO_3 aduk 5 menit	Lab Baja dan lab Material Kampus ITS Manyar	18.00-22.00	Kendala : Material dimasukkan langsung gumpal. Campuran Fly Ash Pasir Gumpal besar-besar menyerupai kerikil itu Solusi : Coba Fly Ash direaksikan dahulu dengan NaOH diluar molen. Seperti pasir aktif, Karena leaching ion.	

TANGGAL	KEGIATAN	TEMPAT	WAKTU	KENDALA DAN SOLUSI	DOKUMENTASI
Sabtu, 2 Des 2017	<p>Trial 1 Cor Beton Geopolimer (Manual) :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fly Ash + NaOH + Pasir aduk 10 menit 2. Campurkan Na_2SiO_3 aduk 2 menit 3. Campurkan Kerikil aduk 3 menit 4. Masukkan Mold <p>Hasil baik, tidak menggumpal dan rata. Setting Time = 60 menit</p> <p>Trial 2 Cor Beton Geopolimer (Molen) :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fly Ash + NaOH + Pasir aduk 10 menit 2. Campurkan Na_2SiO_3 aduk 2 menit 3. Campurkan Kerikil aduk 3 menit <p>Hasil baik, tidak menggumpal dan rata. Setting Time = 60 menit</p>	Lab Baja dan lab Material Kampus ITS Manyar	11.00-20.30	<p>Kendala :</p> <p>-</p> <p>Solusi :</p> <p>Coba menggunakan Molen</p> <p>Kendala :</p> <p>Gumpal, mengeras cepat. Jadi seperti kerikil-kerikil bulat.</p> <p>Fly Ash dicampur NaOH langsung gumpal</p> <p>Solusi :</p> <p>Coba Fly Ash direaksikan dulu dengan NaOH</p>	 

TANGGAL	KEGIATAN	TEMPAT	WAKTU	KENDALA DAN SOLUSI	DOKUMENTASI
Sabtu, 2 Des 2017	<p>Trial 3 Cor Beton Geopolimer (Manual) :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fly Ash + NaOH aduk 10 menit 2. Campurkan Na_2SiO_3 aduk 1 menit 3. Campurkan Kerikil aduk 3 menit 4. Masukkan Pasir <p>Buat Benda Uji 3 Sampel sesuai dengan trial 1 secara manual.</p>	Lab Baja dan lab Material Kampus ITS Manyar	11.00-20.30	<p>Kendala :</p> <p>Campuran Terpisah, Gumpal, Pengerjaan Sulit</p> <p>Solusi :</p> <p>Pencampuran pasir jangan diakhir, yang dicampur terakhir adalah Na_2SiO_3</p> <p>Kendala :</p> <p>Terbatas Sumberdaya</p> <p>Solusi :</p> <p>Buat satu-satu benda uji.</p>	

TANGGAL	KEGIATAN	TEMPAT	WAKTU	KENDALA DAN SOLUSI	DOKUMENTASI
Senin 4 Des 2017	<p>Cor Beton Geopolimer dengan cara:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kerikil 2. 1/3 NaOH Mix selama 1 menit 3. Campurkan Pasir 4. 1/3 NaOH Mix selama 1 menit 5. Campurkan Langsung Fly Ash 6. Campurkan 1/3 NaOH terakhir Mix selama 5 Menit 7. Matikan Molen 8. Campurkan Na_2SiO_3 lalu nyalakan molen, putar selama 3 menit 9. Tuang <p>*Setting Time = 60 Menit</p>	Lab Baja dan lab Material Kampus ITS Manyar	16.00-19.00	<p>Kendala :</p> <p>-</p> <p>Solusi :</p> <p>-</p>	
Rabu 6 Des 2017	Buka Mold Beton Geopolimer	Lab Baja dan lab Material Kampus ITS Manyar	13.00-14.00	<p>Kendala :</p> <p>Pasta Tidak rata. Beton bolong-bolong.</p> <p>Solusi :</p> <p>Mencampurkan Fly Ash sedikit-sedikit agar merata.</p>	

TANGGAL	KEGIATAN	TEMPAT	WAKTU	KENDALA DAN SOLUSI	DOKUMENTASI
Sabtu, 9 Des 2017	<p>Cor Beton Geopolimer dengan cara:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kerikil 2. 1/3 NaOH Mix selama 1 menit 3. Campurkan Pasir 4. 1/3 NaOH Mix selama 1 menit 5. Campurkan Fly Ash sedikit demi sedikit sampai rata 6. Campurkan 1/3 NaOH terakhir Mix selama 5 Menit 7. Matikan Molen 8. Campurkan Na_2SiO_3 lalu nyalakan molen, putar selama 3 menit 9. Tuang <p>Mix dengan Komposisi :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 10 M NaOH dengan $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH} = 1$ (Setting Time = 60 menit) 2. 10 M NaOH dengan $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH} = 2$ (Setting Time = 33 Menit) 	Lab Baja dan lab Material Kampus ITS Manyar	12.00-19.00	<p>Kendala :</p> <p><i>Komposisi 1</i> Tidak Ada</p> <p><i>Komposisi2</i> Masih ada fly ash yang tidak bereaksi dengan kerikil dan pasir. Masih seperti bubuk fly ash didalam molen.</p> <p>Setelah dituang. Semua campuran pasta dan pasir menempel, menebal di kerikil. Pasta sebagai pengikat kurang.</p> <p>Solusi :</p> <p><i>Komposisi2</i> Perlu estimasi interval waktu untuk mixing 1/3 NaOH terakhir agar fly ash tidak menggumpal</p>	  <p>NB: Perhitungan Setting Time adalah Setelah penambahan Na_2SiO_3 diaduk selama 3 menit</p>

TANGGAL	KEGIATAN	TEMPAT	WAKTU	KENDALA DAN SOLUSI	DOKUMENTASI
Senin 11 Des 17	Pembelian Aktivator Na_2SiO_3 sebanyak 5 Kg	Toko Kimia Ngagel	16.00-16.30	Kendala : -	
Senin 11 Des 17	<p>Trial Mix Design Beton Geopolimer dengan 15 M ($\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}=1$) Dengan metode yang sama.</p> <p>Setting time = Lebih dari 60 Menit</p>	Lab Baja dan :ab Material Kampus ITS Manyar	16.30-17.30 20.00-21.30	<p>Kendala : Kerikil Basah</p> <p>Solusi : Dilap dengan kertas sebentar</p> <p>Kendala : Hasil Pasta tidak meyeluruh karena Fly Ash dan pasir menempel pada kerikil. Beng-Beng</p> <p>Solusi : Setelah Mixing selesai, didiamkan sebentar agar pasta meleleh. Atau perlu perpendekan waktu leaching ion.</p>	



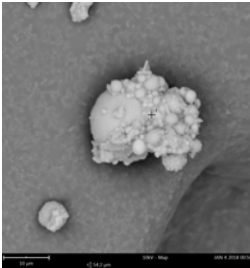
TANGGAL	KEGIATAN	TEMPAT	WAKTU	KENDALA DAN SOLUSI	DOKUMENTASI
Selasa, 12 Des 17	Pembukaan Mold Beton Geopolimer 15M ($\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}=1$) Curing Beton	Lab Baja dan :ab Material Kampus ITS Manyar	15.00-16.00	<p>Kendala :</p> <p>Pasta Beton tidak rata. (Beng-Beng)</p> <p>Solusi : Setiap Beda Komposisi Kimia. Beda durasi tiap percampuran material. Karena mengikuti sifat kimia dalam hal leaching ion.</p>	 

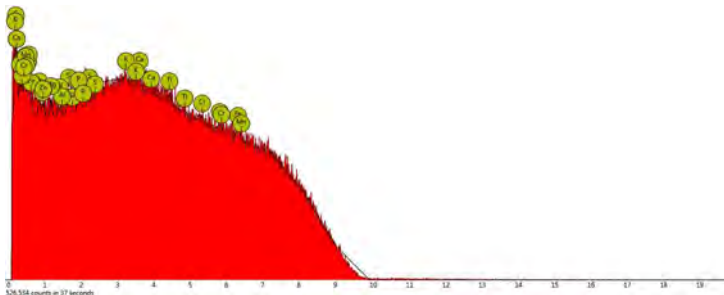
Image 1

1. spot

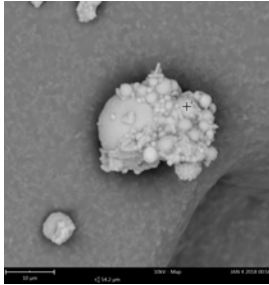


Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	29.09	17.40
7	N	Nitrogen	18.40	9.63
6	C	Carbon	9.51	4.27
26	Fe	Iron	8.52	17.79
29	Cu	Copper	4.88	11.60
11	Na	Sodium	4.78	4.10
12	Mg	Magnesium	3.51	3.19
25	Mn	Manganese	3.13	6.42
20	Ca	Calcium	2.93	4.39
22	Ti	Titanium	2.63	4.71
24	Cr	Chromium	2.49	4.85
13	Al	Aluminium	2.39	2.41
14	Si	Silicon	2.34	2.45
16	S	Sulfur	2.07	2.48
15	P	Phosphorus	1.82	2.11
19	K	Potassium	1.51	2.21
30	Zn	Zinc	0.00	0.00

FOV: 54.2 µm, Mode: 10kV - Map, Detector: BSD Full, Time: JAN 4 2018 00:56



2. spot



Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	37.90	31.20
7	N	Nitrogen	23.82	17.17
6	C	Carbon	14.57	9.00
11	Na	Sodium	5.47	6.47
12	Mg	Magnesium	3.78	4.73
29	Cu	Copper	3.76	12.30
13	Al	Aluminium	2.23	3.10
14	Si	Silicon	2.17	3.13
15	P	Phosphorus	2.07	3.30
16	S	Sulfur	1.56	2.57
19	K	Potassium	1.47	2.96
30	Zn	Zinc	1.21	4.08
20	Ca	Calcium	0.00	0.00
22	Ti	Titanium	0.00	0.00
24	Cr	Chromium	0.00	0.00
25	Mn	Manganese	0.00	0.00
26	Fe	Iron	0.00	0.00

FOV: 54.2 μm , Mode: 10kV - Map, Detector: BSD Full, Time: JAN 4 2018 00:56

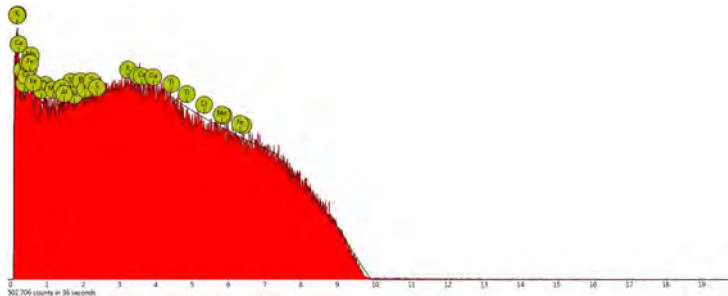
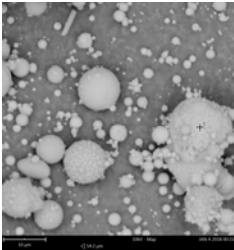


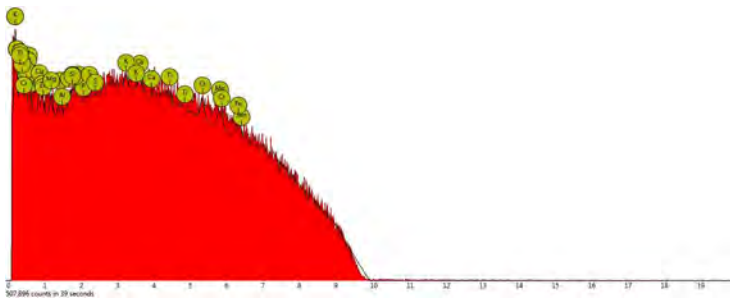
Image 1

1. spot



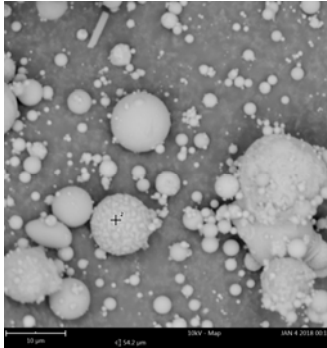
Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
26	Fe	Iron	22.27	24.02
25	Mn	Manganese	19.45	20.64
24	Cr	Chromium	12.08	12.13
29	Cu	Copper	9.46	11.62
12	Mg	Magnesium	6.98	3.28
30	Zn	Zinc	4.96	6.26
13	Al	Aluminium	4.71	2.45
20	Ca	Calcium	4.07	3.15
22	Ti	Titanium	3.50	3.23
15	P	Phosphorus	3.23	1.93
16	S	Sulfur	2.98	1.85
19	K	Potassium	2.70	2.04
14	Si	Silicon	1.84	1.00
75	Re	Rhenium	1.78	6.39

FOV: 54.2 μm , Mode: 10kV - Map, Detector: BSD Full, Time: JAN 4 2018 00:15



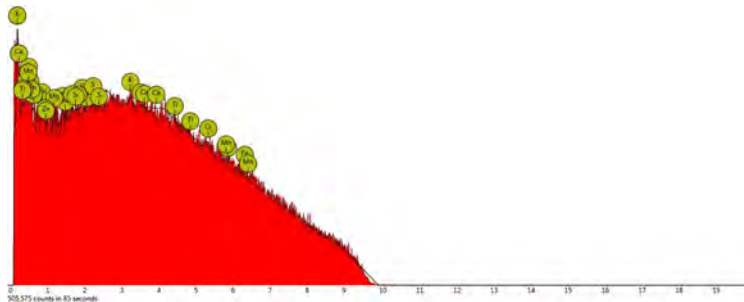
Disabled elements: B, Os

2. spot



Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
26	Fe	Iron	19.43	21.92
29	Cu	Copper	14.48	18.59
12	Mg	Magnesium	12.40	6.09
13	Al	Aluminium	9.71	5.29
24	Cr	Chromium	8.62	9.05
25	Mn	Manganese	8.59	9.54
15	P	Phosphorus	6.12	3.83
30	Zn	Zinc	4.97	6.57
19	K	Potassium	4.57	3.61
16	S	Sulfur	4.33	2.80
14	Si	Silicon	4.02	2.28
75	Re	Rhenium	2.78	10.44
20	Ca	Calcium	0.00	0.00
22	Ti	Titanium	0.00	0.00

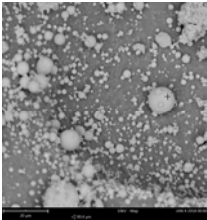
FOV: 54.2 µm, Mode: 10kV - Map, Detector: BSD Full, Time: JAN 4 2018 00:15



Disabled elements: B

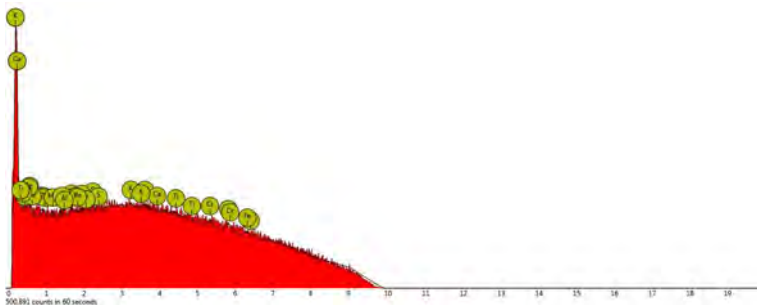
Image 2

1. spot



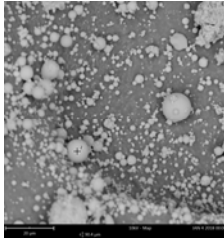
Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
25	Mn	Manganese	19.35	21.09
26	Fe	Iron	16.84	18.66
24	Cr	Chromium	11.74	12.11
29	Cu	Copper	8.90	11.23
12	Mg	Magnesium	7.40	3.57
30	Zn	Zinc	6.15	7.97
16	S	Sulfur	5.33	3.39
20	Ca	Calcium	4.72	3.75
14	Si	Silicon	4.22	2.35
15	P	Phosphorus	4.00	2.46
13	Al	Aluminium	3.92	2.10
22	Ti	Titanium	3.36	3.19
19	K	Potassium	2.35	1.83
75	Re	Rhenium	1.71	6.31

FOV: 90.4 μm , Mode: 10kV - Map, Detector: BSD Full, Time: JAN 4 2018 00:00



Disabled elements: Os

2. spot



Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
26	Fe	Iron	19.38	20.48
25	Mn	Manganese	18.29	19.01
24	Cr	Chromium	11.58	11.39
29	Cu	Copper	11.20	13.47
12	Mg	Magnesium	5.94	2.73
13	Al	Aluminium	5.47	2.79
15	P	Phosphorus	5.01	2.93
22	Ti	Titanium	4.36	3.95
30	Zn	Zinc	4.34	5.37
14	Si	Silicon	4.08	2.17
16	S	Sulfur	3.99	2.42
75	Re	Rhenium	3.07	10.81
20	Ca	Calcium	2.22	1.69
19	K	Potassium	1.07	0.79

FOV: 90.4 μm , Mode: 10kV - Map, Detector: BSD Full, Time:
JAN 4 2018 00:00

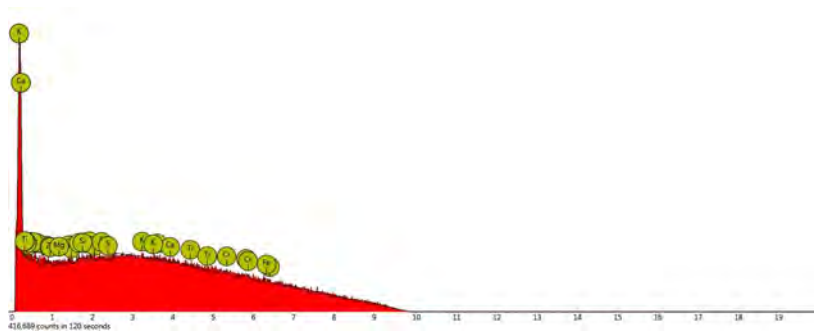
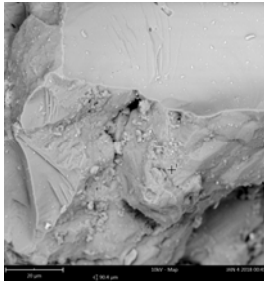


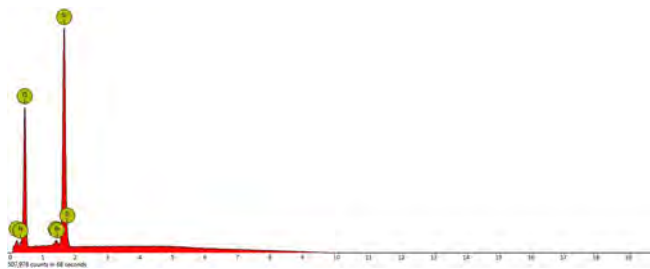
Image 1

1. spot

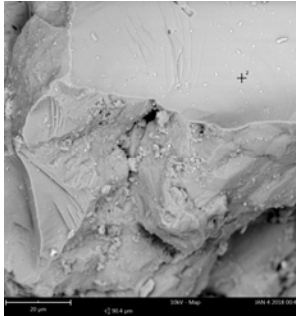


Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	69.81	57.81
14	Si	Silicon	26.32	38.26
7	N	Nitrogen	2.17	1.57
6	C	Carbon	1.33	0.83

FOV: 90.4 μm , Mode: 10kV - Map, Detector: BSD Full, Time: JAN 4 2018 00:41



2. spot



Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	81.05	72.38
14	Si	Silicon	16.29	25.54
7	N	Nitrogen	2.65	2.07

FOV: 90.4 µm, Mode: 10kV - Map, Detector: BSD Full, Time: JAN 4 2018 00:41

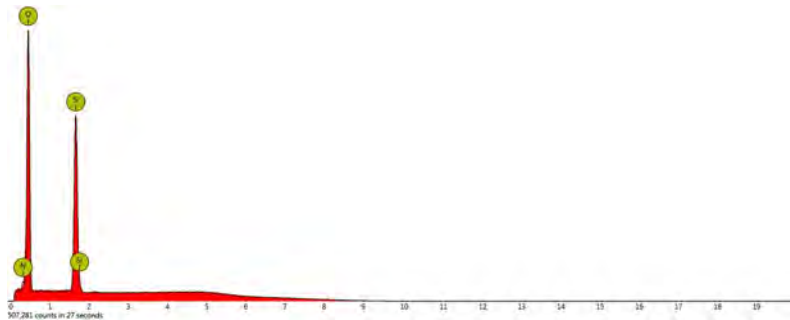
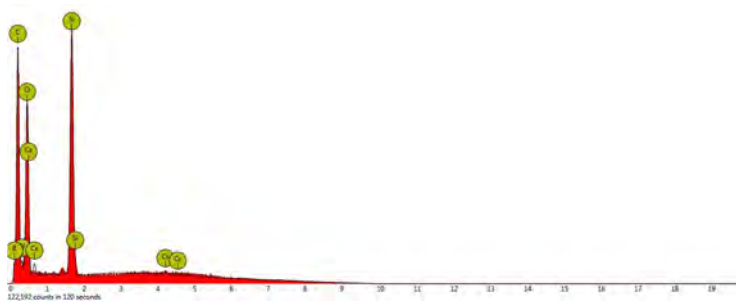


Image 1

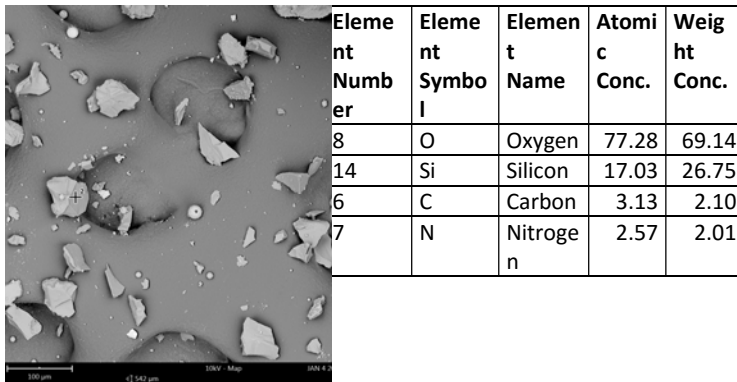
1. spot

Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	55.04	50.62
6	C	Carbon	19.68	13.59
14	Si	Silicon	15.42	24.90
5	B	Boron	5.09	3.16
7	N	Nitrogen	4.19	3.37
55	Cs	Caesium	0.57	4.36

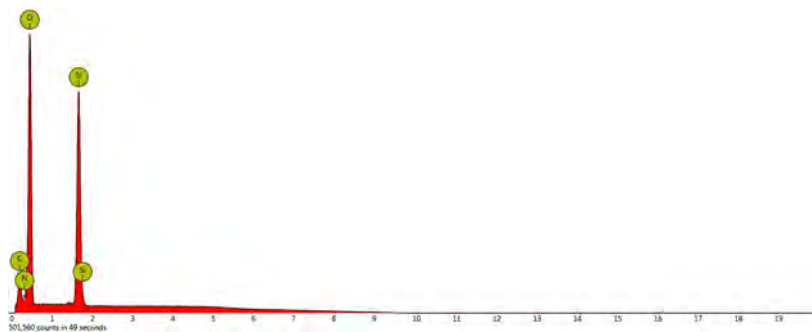
FOV: 542 μ m, Mode: 10kV - Map, Detector: BSD Full, Time: JAN 4 2018 00:29



2. spot



FOV: 542 μm , Mode: 10kV - Map, Detector: BSD Full, Time: JAN 4 2018 00:29



Result Analysis Report

Sample Name:
GGBFS - Average

Sample Source & type:

Sample bulk lot ref:

SOP Name:
Cement OPC

Measured by:
MALVERN INSTRUMENTS

Measured:
Friday, January 05, 2018 1:51:11 PM

Analysed:
Friday, January 05, 2018 1:51:12 PM

Particle Name:
Cement OPC

Particle RI:
1.860

Dispersant Name:

Accessory Name:
Scirocco 2000

Absorption:
0.1

Dispersant RI:
1.000

Analysis model:
General purpose (fine)

Size range:
0.020 to 2000.000 μm

Weighted Residual:
0.232 %

Sensitivity:
Normal

Obscuration:
2.59 %

Result Emulation:
On

Concentration:
0.0003 %Vol

Specific Surface Area:
0.563 m^2/g

Span :
3.059

Surface Weighted Mean D[3,2]:
2.919 μm

Uniformity:
0.959

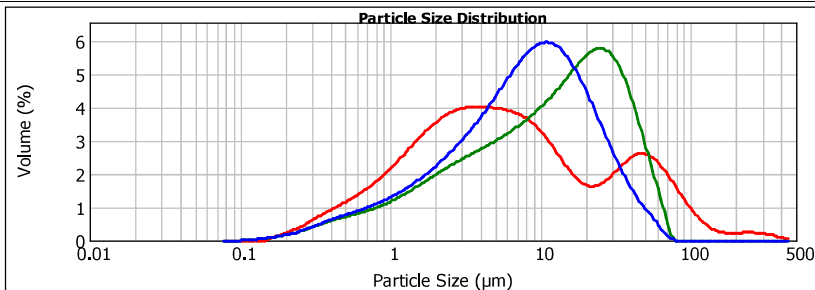
Vol. Weighted Mean D[4,3]:
11.327 μm

Result units:
Volume

d(0.1): 1.286 μm

d(0.5): 8.024 μm

d(0.9): 25.826 μm



— Fly Ash Type C - Average, Friday, January 05, 2018 1:20:59 PM

— OPC - Average, Friday, January 05, 2018 1:29:03 PM

— GGBFS - Average, Friday, January 05, 2018 1:51:11 PM

Size (μm)	Vol Under %
0.500	3.06
1.000	7.64
1.046	8.03
1.487	11.59
1.500	11.69
1.505	11.73
1.716	13.35
2.000	15.47
2.500	19.02
3.000	22.40
5.000	34.55

Size (μm)	Vol Under %
10.000	58.34
12.181	66.02
15.000	73.85
20.000	83.38
25.000	89.27
32.000	94.07
36.000	95.76
38.000	96.41
40.000	96.97
45.000	98.05
50.000	98.78

Size (μm)	Vol Under %
53.000	99.12
56.000	99.39
63.000	99.80
71.000	99.97
75.000	100.00
80.000	100.00
90.000	100.00
100.000	100.00
106.000	100.00
112.000	100.00
125.000	100.00

Size (μm)	Vol Under %
140.000	100.00
150.000	100.00
160.000	100.00
180.000	100.00
200.000	100.00
212.000	100.00
224.000	100.00
250.000	100.00
280.000	100.00
300.000	100.00
315.000	100.00

Size (μm)	Vol Under %
355.000	100.00
400.000	100.00
425.000	100.00
450.000	100.00
500.000	100.00
560.000	100.00
600.000	100.00
630.000	100.00
710.000	100.00
800.000	100.00
850.000	100.00

Size (μm)	Vol Under %
900.000	100.00
1000.000	100.00
1120.000	100.00
1180.000	100.00
1250.000	100.00
1400.000	100.00
1600.000	100.00
1700.000	100.00
1800.000	100.00
2000.000	100.00

Operator notes:

Result Analysis Report

Sample Name:
Fly Ash Type C - Average

Sample Source & type:

Sample bulk lot ref:

SOP Name:
Cement OPC
Measured by:
MALVERN INSTRUMENTS

Measured:
Friday, January 05, 2018 1:20:59 PM
Analysed:
Friday, January 05, 2018 1:21:01 PM

Particle Name:
Cement OPC

Particle RI:
1.860

Dispersant Name:

Accessory Name:
Scirocco 2000

Absorption:
0.1

Dispersant RI:
1.000

Analysis model:
General purpose (fine)

Size range:
0.020 to 2000.000 μm

Weighted Residual:
0.303 %

Sensitivity:
Normal

Obscuration:
2.24 %

Result Emulation:
On

Concentration:
0.0002 %Vol

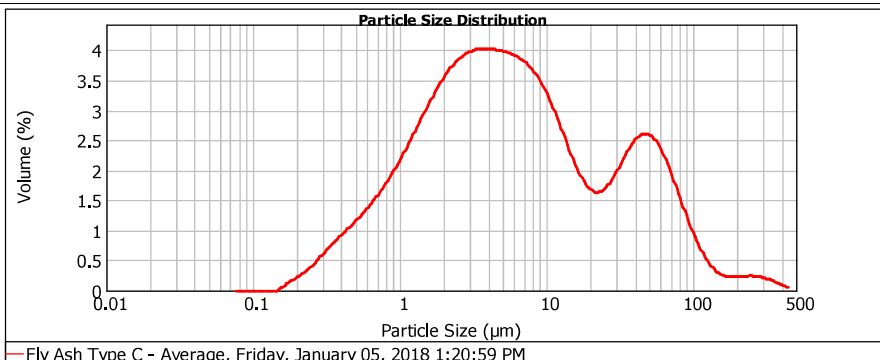
Specific Surface Area:
0.729 m^2/g

Span :
9.961
Surface Weighted Mean D[3,2]:
2.255 μm

Uniformity:
3.15
Vol. Weighted Mean D[4,3]:
19.267 μm

Result units:
Volume

d(0.1): 0.892 μm d(0.5): 5.392 μm d(0.9): 54.603 μm

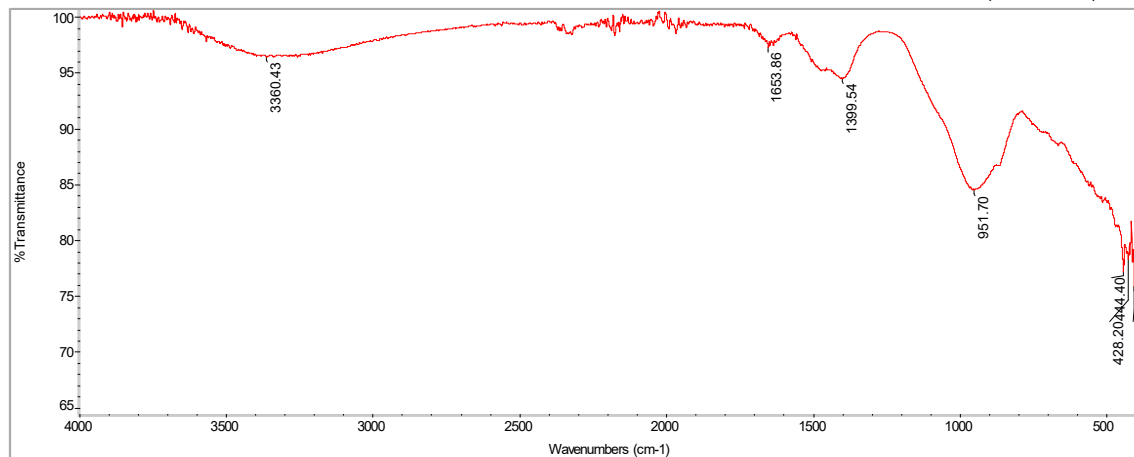


Size (μm)	Vol Under %	Size (μm)	Vol Under %	Size (μm)	Vol Under %	Size (μm)	Vol Under %	Size (μm)	Vol Under %
0.500	4.24	10.000	65.04	53.000	89.51	140.000	98.43	355.000	99.85
1.000	11.53	12.181	68.97	56.000	90.41	150.000	98.57	400.000	99.94
1.046	12.18	15.000	72.37	63.000	92.24	160.000	98.68	425.000	99.97
1.487	18.20	20.000	75.93	71.000	93.88	180.000	98.85	450.000	100.00
1.500	18.37	25.000	78.33	75.000	94.55	200.000	99.01	500.000	100.00
1.505	18.44	32.000	81.36	80.000	95.26	212.000	99.10	560.000	100.00
1.716	21.14	36.000	83.07	90.000	96.35	224.000	99.18	600.000	100.00
2.000	24.56	38.000	83.92	100.000	97.10	250.000	99.36	630.000	100.00
2.500	29.98	40.000	84.74	106.000	97.44	280.000	99.54	710.000	100.00
3.000	34.65	45.000	86.72	112.000	97.71	300.000	99.64	800.000	100.00
5.000	48.04	50.000	88.52	125.000	98.12	315.000	99.70	850.000	100.00

Operator notes:

Title: FTIR

Tue Jan 09 13:12:56 2018 (GMT+07:00)



Collection time: Tue Jan 09 11:10:28 2018 (GMT+07:00)

Tue Jan 09 13:12:36 2018 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: FTIR

Region: 4000.00 400.00

Absolute threshold: 97.423

Sensitivity: 50

Peak list:

Position:	Intensity:
406.44	75.751
412.99	77.900
428.20	78.180
444.40	77.044
951.70	84.406
1399.54	94.424
1653.86	97.246
3360.43	96.336

Spectrum:

Region: 3495.26-455.13

Search type:

Hit List:

Index

36

85

49

32

93

751

1137

42

33

100

Match

21.19

19.49

18.52

17.05

15.60

14.95

14.66

14.26

14.03

13.92

Compound name

ETHCHLORVYNOL ON NACL PLATES

ACETALDOXIME, 95%

TRANS-PIPERYLENE, 98%

1-PENTEN-3-OL, 99%

SILICONE OIL, FOR MP & BP APPARATUS

Poly(trioxane:dioxolane)

Polysilicate

THIAZOLIDINE, 97%

POLY(VINYLDENE FLUORIDE:C3F6)

Bakelite, Type 12A

Library

Georgia State Crime Lab Sample Library

Aldrich Condensed Phase Sample Library

Aldrich Vapor Phase Sample Library

Aldrich Vapor Phase Sample Library

Aldrich Condensed Phase Sample Library

HR Hummel Polymer and Additives

HR Hummel Polymer and Additives

Aldrich Vapor Phase Sample Library

Hummel Polymer Sample Library

HR Hummel Polymer and Additives



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS ILMU ALAM
DEPARTEMEN KIMIA

Kampus ITS Sukohilo - Surabaya 60111
Telp : 031-5943353, Fax : 031-5928314, PABX : 1207-1208
E-mail : kimia@its.ac.id, <http://www.chem.its.ac.id>

Kepada Yth :
Qoyyum Rachmalia
T. Sipil FTI - ITS

LAPORAN ANALISIS

Subyek : Natrium Silikat

No	: 054/IT2.1.1.4/PM.05.02/2018
Tanggal	: 24 Januari 2018
Metode	: ---
Diteliti Oleh	: Fataty K

Tanggal diterima sampel : 15 Januari 2018

No	Parameter Uji	Hasil Analisa	Metode
1	Kadar Air (H_2O)	13,49 %	Gravimetri
2	SiO_2	67,19 %	
3	Na_2O	30,13 %	AAS

Catatan :

- Hasil analisis ini mengacu pada sampel yang diterima laboratorium Kimia ITS dan tidak dapat digunakan sebagai alat bukti hukum
- Pengambilan sampel tidak dilakukan oleh Laboratorium Kimia ITS

Hormat Kami,

Prof. Dr. Didik Prasetyoko, M.Sc
Ketua